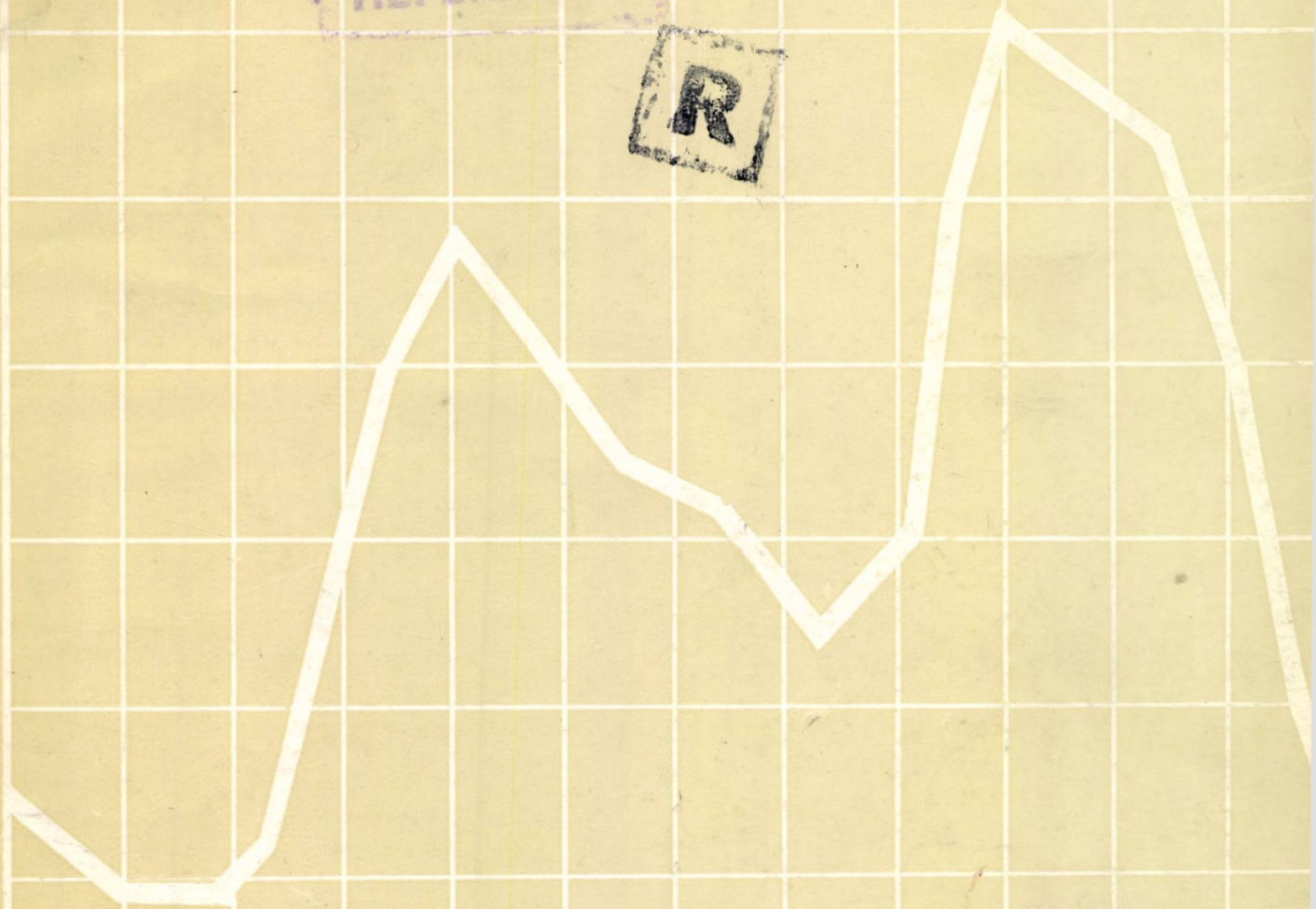
MW

REFERALVA

1-2



VOLUMUL XXVII
BUCUREŞTI
IANUARIE-FEBRUARIE 1979

energetica

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8 Sectorul 4. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamente pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 4. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10264/1979

I. P. I. c. 1005

41 401

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 1–2 ianuarie-februarie

Cuprinsul

		Pag.
* * *	**Sesiunea de comunicări tehnico-științifice „Optimizări în dezvoltarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice", Iași, 27–28 octombrie 1978**	1–3
Secția I. Raport general	**Optimizarea dezvoltării sistemelor electroenergetice**	4–8
V. I. Nitu, E. Costin și *D. S. Necșulescu*	**Optimizarea sistemelor și subsistemelor energetice. Metode, tendințe, rezultate**	9–13
E. Pavel	**Gîndirea sistemică în proiectarea sistemelor electroenergetice**	13–18
T. Mielescu și *G. Bazacliu*	**Problema repartiției optime a puterilor ținînd seamă de caracterul aleatoriu al caracteristicilor**	18–20
N. Armencoiu	**Unele aspecte privind influența centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj asupra sistemului energetic din R. S. România**	21–27
Hermina Albert	**Concepte ierarhizate privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice**	27–31
L. Groza	**Reconsiderarea inerției sistemului energetic pentru predeterminarea oscilațiilor lente și a variațiilor de frecvență**	31–34
A. Pocală, D. Ivas și *N. Sufletel*	**Folosirea indicatorilor de siguranță asociată a nodurilor la determinarea strategiei optime de dezvoltare a rețelei de distribuție de înaltă tensiune a IRE Iași**	34–36
V. Alexandrescu, Nina Pocală, M. Ilinca, A. Pocală și *Gh. Georgescu*	**Contribuții la optimizarea schemei de funcționare a unei rețele de distribuție de înaltă tensiune**	36–41
Secția II. Raport general	**Optimizarea dezvoltării rețelelor electrice urbane și industriale**	42–45
H. Cristea, I. Fecioru și *Adriana Armencoiu*	**Indicatori privind efectele comportării consumatorilor industriali asupra regimului de compensare în nodurile rețelei**	46–52
P. Buhuș	**Soluții pentru optimizarea nivelului de pierderi în distribuția energiei electrice și eficiența lor economică**	52–55
T. Albert, Magda Bogan, D. Hristea, M. Geantă și *V. Livezeanu*	**Alegerea structurii și soluțiilor pentru rețelele de alimentare cu energie electrică de medie și joasă tensiune urbane**	55–59
N. Gavrilaș și *M. Gușă*	**Adaptarea modului de tratare a neutrului la stadiul de dezvoltare a rețelelor de medie tensiune din România**	60–63
Gh. Cîrțină	**Contribuții la elaborarea modelului matematic al repartizării optimale a surselor reactive în rețelele de distribuție**	63–65
Nina Pocală, Gh. Georgescu, A. Pocală și *Gh. Cîrțină*	**Algoritm și program pentru optimizarea repartizării surselor reactive în rețelele urbane**	66–71
Secția III. Raport general	**Soluții noi privind dotarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice**	72–77
A. Arie	**Considerații asupra fenomenului deformant. Stabilirea unui indicator de calitate dedus pe bază de măsurători efectuate cu bucla de putere**	78–79
R. Sfichi	**Considerații privind posibilitățile de apariție a supratensiunilor de rezonanță armonică în liniile electrice de foarte înaltă tensiune**	80–82
CUPRINSUL REVISTEI „ENERGETICA" ÎN ANUL 1978		83–84

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific
al Institutului central de cercetări energetice

1979 MAJ 2

СОДЕРЖАНИЕ

* * * **Научно-техническая Сессия «Оптимизация в развитии и эксплуатации электроэнергетических установок,** Яссы, 27—28 октября 1979 года.

Секция I — **Оптимизация развития электроэнергетических систем**—Генеральный доклад

В. И. Ниту, Эмил Костин и *Д. С. Некшулеску:* **Оптимизация энергетических систем и подсистем. Методы, тенденции, результаты.**

Е. Павел: **Концепция в проектировании электроэнергетических систем.**

Т. Миклеску и *Г. Базаклиу:* **Вопросы оптимального распределения мощностей, учитывая случайный характер характеристик.**

Н. Арменкоиу: **Некоторые аспекты касающиеся влияния гидроэлектростанций с накапливанием через накачивание на энергетическую систему С. Р. Румынии**

Х. Альберт: **Иерархические концепции касающиеся надежности в работе энергетических установок.**

Л. Гроза: **Перерассмотрение инерции энергетической системы для предопределения медленных колебаний и изменений частоты.**

А. Поеатэ, Д. Ивас и *Н. Суфлецел:* **Исследование показателей надежности объединенных узлов при определении оптимальной стратегии развития распределительных сетей высокого напряжения НЭС Яссы.**

В. Александреску, Н. Поеатэ, М. Илинка, А. Поеатэ и *Г. Джорджеску:* **Вклад в оптимизацию рабочей схемы распределительной сети высокого напряжения**

Секция II — **Оптимизация развития городских энергетических и промышленных сетей** — Генеральный доклад.

Х. Кристя, И. Фечиору и *Адриана Арменкоиу:* **Показатели касающиеся эффектов поведения промышленных потребителей на режим выравнивая в узлах сети.**

П. Бухуш: **Решения по оптимизации уровня потерь в распределении электрической энергии и их экономическая эффективность.**

Т. Альберт, Магда Боган, Д. Христеа, М. Джеантэ и *В. Ливезяну:* **Выбор структуры и решений для городских сетей питания электрической энергией среднего и низкого напряжения.**

Н. Гаврилаш и *М. Гиша:* **Применение способа обработки нейтрали в стадии развития сетей среднего напряжения в Румынии.**

Г. Кырцинэ: **Вклад в разработку математической модели оптимального распределения реактивных источников в распределительных сетях**

Нина Поеатэ, Г. Джорджеску, А. Поеатэ и *Г. Кырцинэ:* **Алгорифм и программа по оптимизации распределения реактивных источников в городских сетях.**

Секция III — **Новые решения относительно оснащения и эксплуатации электрических установок** — Генеральный доклад.

А. Арие: **Соображения относительно искажающего явления. Определение показателя качества, выведенного на основе измерений, проводимых на витках мощности.**

Р. Сфики и **Соображения относительно возможностей появления гармоничного резонансного перенапряжения на электрических линиях сверхвысокого напряжения.**

INHALTSVERZEICHNIS

* * * **Wissenschaftliche und technische Tagung „Optimierungen in der Entwicklung und dem Betrieb der Elektroenergieanlagen''**, Jassy 27.—28. Oktober 1978.

I. Sektion. **Optimierung der Entwicklung der Elektroenergiesysteme.** Generalbericht

V. I. Nitu, Em. Costin und *D. S. Necşulescu*: **Optimierung der energetischen Systemen und Untersystemen. Methoden, Entwicklungsrichtungen, Ergebnisse**

E. Pavel: **Die Systemische Denkart beim Entwurf der Elektroenergie-systemen**

T. Miclescu und *G. Bazacliu*: **Die Frage der optimalen Kräftverteilung mit Rücksicht auf den Charakter der Merkmale**

N. Armencoiu: **Einige Aspekte des Einflusses der Pumpenkraftwerke auf das Energiesystem der S.R. Rumänien**

Hermina Albert: **Das hierarchische Konzept über die Betriebssicherheit der Energieanlagen**

L. Groza: **Die Rückbetrachtung der Schwerkraft des Energiesystems für die Vorbestimmung der langsamen Schwingungen und der Frequenzschwankungen**

A. Poeată, D. Ivas und *N. Suflețel*: **Die Anwendung der Sicherhe'tsindikatoren und der Knoten für die Bestimmung der optimalen Entwicklungsstrategie der Hochspannungsverteilungsnetzes im Verteilungsbetrieb Jassy**

V. Alexandrescu, Nina Poeată, M. Ilinca, A. Poeată und *Gh. Georgescu*: **Beiträge zur Optimierung des Betriebsschemas eines Hochspannungsverteilungsnetzes**

II. Sektion. **Optimierung der Entwicklung der städtischen und industriellen Energienetzen.** Generalbericht.

H. Cristea, I. Fecioru und *Adriana Armencoiu*: **Indikatoren der Auswirkungen des Verhaltens der industriellen Verbraucher auf das Abgleichsregime in den Netzknoten**

P. Buhuș: **Lösungen zur Optimierung des Verlustniveaus bei der Verteilung der Elektroenergie und ihre Wirtschaftlichkeit**

T. Albert, Magda Bogan, D. Hristea, M. Geantă und *V. Livezeanu*: **Auswahl der Strukturen und Lösungen für städtische Mittel-und Niederspannungsnetze**

N. Gavrilaș und *M. Gușă*: **Die Anpassung der Nullpunktserdungsart an den Entwicklungsstand der Mittelspannungsnetze aus Rumänien**

Gh. Cîrțină: **Beiträge zur Ausarbeitung des mathematischen Modells der optimalen Verteilung der Blindleistungsquellen in den Verteilungsnetzen**

Nina Poeată, Gh. Georgescu, A. Poeată und *Gh. Cîrțină*: **Algorithmus und Programm für die Optimierung der Blindleistungsquellenverteilung in städtischen Verteilungsnetzen**

III. Sektion. **Neue Lösungen für die Ausstattung und den Betrieb der Elektroenergieanlagen.** Generalbericht

A. Arie: **Betrachtungen über die Verformungserscheinung. Bestimmen eines durch auf eine Leistungsschleife ausgeführten Messungen erhaltenen Qualitätsindikatoren**

R. Sfichi: **Betrachtungen über die Auftauchsmöglichkeiten der armonischen Resonanzüberspannungen in Leitungen mit sehr hoher Spannung**

SOMMAIRE

* * * **Session technique et scientifique „Optimisations dans le développement et l'exploitation des installations énergétiques"** Iași 27—28 octombre 1978

Première section : **Optimisation du développement des systèmes énergétiques.** Rapport général

V. I. Nitu, Em. Costin et *D. S. Neculescu* : **Optimisation des systèmes et des sous-systèmes énergétiques. Méthodes, tendences, résultats**

E. Pavel : **Concept systémique dans l'activité d'établissement des projets des systèmes énergétiques**

T. Mieleseu et *G. Bazacliu* : **Répartition optimale des puissances ayant en vue les valeurs aléatoires des caractéristiques**

N. Armencoiu : **Quelques aspects concernant l'influence des centrales hidroélectriques d'accumulation par pompage sur le système énergétique roumain**

Hermina Albert : **Concepts hierarchisés concernant la sécurité de fonctionnement des installations énergétiques**

L. Groza : **Réévaluation d'inertie du système énergétique pour prédéterminer les oscillations lentes et les variations de fréquence**

A. Poeată, D. Ivas et *N. Sufletel* : **Utilisation des indicateurs de l'abilité associée des noeuds pour déterminer la stratégie optimale du développement d'un réseau de distribution à haute tension appartenant à l'Entreprise des réseaux électriques Iași**

V. Alexandrescu, Nina Poeată, M. Ilinca, A. Poeată et *Gh. Georgescu* : **Contributions à l'optimisation d'un schéma de fonctionnement d'un réseau de distribution à haute tension**

Deuxième section : **Optimisation du développement des réseaux électriques urbains et industriels.** Rapport général

H. Cristea, I. Fecioru et *A. Armencoiu* : **Indicateurs concernant les effets du comportement des consommateurs industriels sur le régime de compensation dans les noeuds du réseau**

P. Buhuș : **Solutions pour optimiser le niveau de pertes dans la distribution d'énergie électrique et leurs efficience économique**

T. Albert, Magda Bogan, D. Cristea, M. Geantă et *V. Livezeanu* : **Choix des structures et des solutions pour les réseaux urbains à moyenne et basse tension**

N. Gavrilaș et *M. Gusă* : **Adaptation du traitement du neutre correspondant à l'étape actuelle du développement des réseaux roumains à moyenne tension**

Gh. Cîrțină : **Contributions à l'élaboration d'un modèle mathématique pour une répartition optimale des sources réactives dans les réseaux de distribution**

Nina Poeată, Gh. Georgescu, A. Poeată et *Gh. Cîrțină* : **Algorithme et programme pour l'optimisation de la répartition des sources réactives dans les réseaux urbains**

Troisième section : **Nouvelles solutions concernant la dotation et l'exploitation des installations énergétiques.** Rapport général

A. Arie : **Etude sur le phénomène déformateur. Détermination d'un indicateur de qualité déduit par des mesurages à l'aide d'une boucle de puissance**

R. Sfichi : **Considérations concernant les possibilités d'apparition des surtensions de résonance harmonique dans les lignes électriques à haute tension**

CONTENTS

* * * Scientific and technical session : **„Development and operation optimization of electroenergetic installations"**, Iași, October, 1978.

Section I — **Development optimization of electroenergetic systems.** General report

V. I. Nitu, E. Costin and *D. S. Neculescu* : **Optimization of energetic systems and subsystems. Methods, tendencies, results**

E. Pavel : **Systemic thinking in designing electroenergetic systems**

T. Mieleseu and *G. Bazacliu* : **The problem of the optimum distribution of powers taking into account the aleatory character of characteristics**

N. Armencoiu : **Some aspects regarding the influence of pumping filled HPS on the energetic system of the S R of Romania**

Hermina Albert : **Hierarchical aspects regarding safety in operation of energetic installations**

L. Groza : **Reconsideration of the energetic system inertia for presetting of slow oscillations and frequency variations**

A. Poeată, D. Ivas and *N. Sufletel* : **Use of indicators of associated reliability of nodes to the estimation of the optimum development strategy of high voltage distribution network of IRE Iași**

V. Alexandrescu, Nina Poeată, M. Ilinca, A. Poeată and *Gh. Georgescu* : **Contributions to the optimization of the operating scheme of a high voltage distribution network**

Section II — **Development optimization of urban and industrial electric networks.** General report

H. Cristea, I. Fecioru and *Adriana Armencoiu* : **Indicators regarding the behaviour effects of industrial consumers on the compensating regime in the network nodes**

P. Buhuș : **Solutions to the optimization of loss levels in the distribution of electric energy and their economic efficiency**

T. Albert, Magda Bogdan, D. Cristea, M. Geantă and *V. Livezeanu* : **Selection of structure and solutions for the urban network supplying electric energy of medium and low voltage**

N. Gavrilas and *M. Gusă* : **Fitting of the neuter treatment way to the present state of development of medium voltage networks of Romania**

Gh. Cîrțină : **Contributions to drawing up of a mathematical model for the optimum distribution of reactive sources within urban networks**

Nina Poeată, Gh. Georgescu, A. Poeată and *Gh. Cîrțină* : **Algorithm and programme for the distribut'on optimizat'on of the reactive sources with'n urban networks**

Section III — **New ways to equipping and operation of electroenergetic installations.** General report

A. Arie : **Considerations on the distorting phenomenon. Estimating of a quality indicator by power loop measurements**

R. Sfichi : **Considerations regarding the occurance possibilities of harmonic resonance overvoltages in very high voltage electric networks**

Sesiunea de comunicări tehnico-științifice „Optimizări în dezvoltarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice"

— Iași, 27-28 octombrie 1978 —

În cadrul manifestărilor importante din ultimele luni ale anului 1978, care au reunit specialiști cu preocupări în domeniul energetic, se înscrie și sesiunea ce a avut loc la sfîrșitul lunii octombrie, la Institutul politehnic Iași. Sesiunea a fost organizată de Catedra de electroenergetică a Facultății de electrotehnică, în colaborare cu Institutul central de cercetări energetice și cu Centrala industrială de rețele electrice.

Tematica acestei manifestări —„Optimizări în dezvoltarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice" —, precum și numărul și componența participanților au asigurat succesul și prestigiul ei.

Sesiunea a reunit specialiști din învățămîntul superior, din cercetare, proiectare și exploatare, în scopul dezbaterii unor probleme de deosebită actualitate cu care se confruntă dezvoltarea sistemului energetic național și subsistemele energetice (rețele regionale, rețele urbane și industriale).

La lucrările sesiunii au participat circa 140 specialiști, din învățămîntul superior (Institutul politehnic Iași, Institutul politehnic București, Institutul politehnic Timișoara), din cercetare și proiectare (ICEMENERG, ICPE, ISPE), întreprinderi de rețele electrice (IRE Iași, IRE Bacău, IRE Suceava, IRE Galați, IDEB), unități industriale din județul Iași, precum și studenți ai Secției de energetică a Institutului politehnic Iași.

Sesiunea a beneficiat de participarea tovarășilor : Al. Floareș — șeful Secției de propagandă a Comitetului județean de partid Iași —, ing. Gh. Chiorean — adjunct al ministrului energiei electrice—, ing. E. Barbu — directorul CIRE—, conf. dr. ing. Călin Mihăileanu — directorul general al ICCE.

Din cuvîntările ținute la deschiderea sesiunii s-au desprins aspecte interesante legate de tematica acesteia, precum și un puternic accent mobilizator privind preocupările specialiștilor în acest domeniu. Astfel :

— Conf. ing. A. Popovici—decanul Facultății de electrotehnică—, în cuvîntul de deschidere a sesiunii, a subliniat justețea politicii partidului și statului nostru privind conlucrarea învățămîntului din țara noastră cu cercetarea și producția.

— În cuvîntul său, ing. Gh. Chiorean, adjunctul ministrului energiei electrice, a preconizat lărgirea sferei de preocupări ale specialiștilor energeticieni cu ocazia acestei sesiuni, care vine în întîmpinarea rezolvării multor probleme legate de sistemul energetic național. De asemenea, a subliniat cerințele impuse funcționării instalațiilor energetice, și anume : simplitate, siguranță și economicitate.

— Un deosebit interes a prezentat și cuvîntul prof. dr. ing. N. Gavrilaș, —prorector al Institutului politehnic Iași— care, în numele conducerii Institutului politehnic Iași și al senatului său, a adresat salutul participanților la sesiune.

— De asemenea, în numele Comitetului județean de partid Iași, tov. Al. Floareș, apreciind că structura participanților, numărul de comunicări și tematica sesiunii asigură rezultatele scontate în urma dezbazerilor, a urat succes lucrărilor acesteia.

Tot în cadrul ședinței de deschidere a fost prezentat, de către dr. ing. G. Manolescu, un amplu și interesant referat, cu titlul : „Probleme actuale ale dezvoltării sistemului electroenergetic național".

Sesiunea a prilejuit organizarea unei expoziții, care a prezentat realizări ale Facultății de electrotehnică din Institutul politehnic Iași, ale IRE Iași, IRE Bacău, IRE Suceava și URTAE Roman, reflectînd integrarea învățămîntului cu cercetarea și producția.

Cele 68 de referate au fost grupate pe trei secții :

I. *Optimizarea dezvoltării sistemelor electroenergetice.*
II. *Optimizarea dezvoltării rețelelor electrice urbane și industriale.*
III. *Soluții noi privind dotarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice.*

Din referatele prezentate și din numeroasele dezbateri care au avut loc au rezultat concluzii importante, a căror transpunere în practică va trebui să ducă la înrădăcinarea unei gîndiri și abordări sistemice a problemelor legate de instalațiile

energetice, în rîndul specialiştilor noştri. Dintre concluziile desprinse sînt de reţinut următoarele :

— În documentaţiile elaborate de institutele de cercetare şi proiectare cu privire la funcţionarea instalaţiilor energetice, se recomandă tratarea lor sistemică, ţinînd seamă de aspectele evidenţiate în lucrările sesiunii.

— Se recomandă ca la revederea planului de învăţămînt şi a programelor analitice ale secţiilor de energetică să se aibă în vedere crearea unor cadre pregătite în vederea abordării sistemice a problemelor în acest domeniu.

— Se recomandă ca în planul de cercetare al ICCE pentru anul 1979—1980 să se reflecte următoarele probleme, care au dovedit un interes deosebit în cursul dezbaterilor la sesiune :

— analiza oportunităţii modificării caracteristicilor transformatoarelor şi a altor echipamente, avînd în vedere implicaţiile asupra pierderilor în reţelele electrice ;

— aspecte privind siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice ;

— aspecte privind calitatea energiei electrice.

— Îmbunătăţirea informaticii şi activităţii de cercetare în energetica industrială.

— Se recomandă unităţilor de învăţămînt, cercetare, studii şi proiectare, în ale căror preocupări intră dezvoltarea şi exploatarea sistemelor energetice, să facă un larg schimb de experienţă în domeniul analizei de sistem şi să iniţieze colaborarea cu unităţi cu preocupări similare din străinătate.

În cadrul şedinţei de închidere a sesiunii a fost prezentat referatul cu titlul : „Dezvoltarea în perspectivă a reţelelor electrice ale Municipiului Iaşi".

În cuvîntul rostit la închiderea sesiunii, conf. ing. A. Popovici, arătînd că nu consideră lucrările sesiunii încheiate, ci că ele vor continua în fiecare loc de muncă, a accentuat încă o dată asupra necesităţii întăririi colectivelor mixte din învăţămînt-cercetare-producţie, menţionînd că desfăşurarea lucrărilor acestei sesiuni a constituit totodată şi un exemplu pentru numeroşii studenţi care au participat la aceasta.

Lista rapoartelor prezentate la Sesiunea tehnico-ştiinţifică „Optimizări în dezvoltarea şi exploatarea instalaţiilor electroenergetice"

Secţia I — Optimizarea dezvoltării sistemelor electroenergetice

I.1. V. Nitu, E. Costin şi D. S. Necşulescu (ISPE) : Optimizarea sistemelor şi subsistemelor energetice. Metode, tendinţe, rezultate.

I. 2. E. Pavel (M.E.E.): Gîndirea sistemică în proiectarea sistemelor electroenergetice.

I. 3. A. Poeată (I. P. Iaşi) : Consideraţii asupra problematicii şi metodelor utilizate în studiile de dezvoltare a sistemelor energetice.

I. 4. Th. Miclescu şi G. Bazacliu (I. P. Bucureşti) : Problema repartiţiei optime a puterilor ţinînd seama de caracterul aleatoriu al caracteristicilor.

I. 5. N. Armencoiu (ISPE) : Unele aspecte privind influenţa centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj asupra sistemului energetic.

I. 6. H. Albert (ISPE) : Concepte ierarhizate privind siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice.

I. 7. L. Groza (ISPE) : Optimizarea criteriilor de planificare şi funcţionare a sistemului energetic cu referire specială la avariile de sistem.

I. 8. I. Hopulele şi M. Onofrei (IRE Suceava) : Analiza variantei lucrărilor electroenergetice folosind criteriul consumului minim de energie electrică.

I. 9. V. Nitu, M. Stein (ISPE) şi C. Ionescu (I.P. Bucureşti) : Unele aspecte ale optimizării instalaţiilor energetice ţinînd seama de criteriul de siguranţă.

I. 10. N. Şorea (IRE Suceava) : Contribuţii privind creşterea gradului de siguranţă al liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune la apariţia fenomenului de galopare.

I. 11. V. Nitu şi N. Bordeianu (ISPE) : Utilizarea metodelor „Monte Carlo" şi „lanţuri Markov" la calculele indicatorilor de siguranţă ai sistemului electroenergetic.

I. 12. A. Sevastru (ISPE) : Contribuţii la fundamentarea criteriilor şi indicatorilor utilizaţi în studiile de optimizare a interconectării sistemelor electroenergetice naţionale.

I. 13. B. Georgescu şi P. Raşcu (ISPE) : Optimizarea construcţiei staţiilor de conexiuni interioare de 110 kV în R. S. România.

I. 14. L. Groza (ISPE) : Reconsiderarea inerţiei sistemului energetic pentru predeterminarea oscilaţiilor lente şi a variaţiilor de frecvenţă.

I. 15. H. Albert şi A. Mihăilescu (ISPE) : Metode de analiză şi prognoză a consumului propriu tehnologic în reţele.

I. 16. N. Brumă, D. Gheorghiu, M. Micu, N. Trofinov şi V. Lupu (IRE Iaşi) : Perspectiva dezvoltării reţelei de transport şi distribuţie a IRE Iaşi în perioada 1979—2000.

I.17. A. Poeată, D. Ivas (I. P. Iaşi) şi N. Sufleţel (IRE Iaşi) : Folosirea indicatorilor de fiabilitate asociată a nodurilor la determinarea strategiei optime de dezvoltare a unei reţele de distribuţie de înaltă tensiune.

I. 18. V. Alexandrescu, N. Poeată, M. Ilinca, A. Poeată şi Gh. Georgescu (I. P. Iaşi) : Contribuţii la optimizarea schemei de funcţionare a unei reţele de distribuţie de înaltă tensiune.

I. 19. A. Poeată şi M. Ilinca (I. P. Iaşi) : Stadiul actual şi consideraţii privind cercetarea în domeniul identificării regimurilor sistemelor electrice.

I. 20. M. Ciobanu (ISPE) : Aspecte privind creşterea continuităţii în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali şi similari în cazul unor avarii grave în reţeaua de alimentare.

Secţia II — Optimizarea dezvoltării reţelelor electrice urbane şi industriale

II. 1. C. Mihăileanu (ICCE), A. Stoica (M.I.Ch.) şi A. Perea (ICEMENERG) : Stabilirea nivelului de siguranţă în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali.

II. 2. H. Cristea, I. Fecioru şi A. Armencoiu (ICEMENERG) : Indicatori privind efectele comportării consumatorilor industriali asupra regimului de compensare în nodurile reţelei.

II. 3. V. Rugină (ICEMENERG) : Caracteristicile golurilor de tensiune şi legile lor de distribuţie.

II.4. G. Ioniţă, E. Neagu şi C. Udrescu (IDEB) : Aspecte noi privind alimentarea cu energie electrică a marilor platforme industriale.

II. 5. T. Gh. Ionescu, I. L. Bilegan (ICEMENERG) : Optimizarea structurii unei reţele electrice de distribuţie.

II. 6. P. Buhuş (I. P. Bucureşti) : Soluţii pentru optimizarea nivelului de pierderi în distribuţia energiei electrice şi eficienţa lor economică.

II. 7. Gh. Georgescu, A. Poeată şi N. Poeată (I. P. Iaşi) : Rezultate privind parametrii de sarcină ai reţelelor electrice urbane.

II. 8. Th. Albert (CIRE), M. Bogan (ISPE), T. Cureleanu, M. Geantă, D. Hristea, V. Livezeanu şi. Al. Tănăsescu (CIRE) : Alegerea structurii şi soluţiilor constructive optime pentru reţelele electrice de distribuţie în zonele de blocuri cu apartamente dotate cu maşini electrice de gătit.

II. 9. O. Dobrescu, Fl. Cobanu şi I. Lup (ICPE) : Optimizarea schemei de alimentare cu energie electrică la întreprinderile industriale, urmare a măsurilor de bilanţ electroenergetic.

II. 10. Gh. Şchiopu (IRE Bacău) : Contribuţii privind încălzirea electrică a locuinţelor şi efectele asupra structurii reţelelor electrice.

II. 11. N. Gavrilaş şi M. Guşă (I. P. Iaşi) : Adaptarea modelului de tratare a neutrului la stadiul de dezvoltare a reţelelor de medie tensiune din România.

II.12. D. Coca şi D. Turculeţ (IRE Suceava) : Reglajul automat al bobinelor de compensare în reţelele electrice de 20 kV aeriene.

II. 13. G. Ioniţă, I. Marinache şi T. Popescu (IDEB) : Unele aspecte privind influenţa gătitului electric asupra structurii şi parametrilor reţelelor electrice urbane.

II. 14. C. Ostap (IRE Iaşi) şi T. Popescu (IDEB) : Reţele de distribuţie buclate în trecut şi astăzi.

II. 15. I. Prelipceanu şi N. Şorea (IRE Suceava) : Analiza funcţionării staţiilor tip racord adînc prin prisma criteriului consum propriu tehnologic—nivel de siguranţă.

II. 16. Gh. Cîrţînă (I. P. Iaşi) : Contribuţii la elaborarea modelului repartizării optimale a surselor reactive în reţelele de distribuţie urbane.

II. 17. N. Poeată, Gh. Georgescu, A. Poeată şi Gh. Cîrţînă (I. P. Iaşi) : Algoritm şi program pentru optimizarea repartizării surselor reactive în reţelele urbane.

II. 18. I. Florea (ISPE) şi Gh. Bărbulescu (IPROMET) : Optimizarea reţelei de distribuţie de medie tensiune la un combinat siderurgic.

II. 19. C. Mogoşanu, E. Neagu şi C. Udrescu (IDEB) : Reducerea pierderilor tehnologice în staţiile de transformare prin alegerea optimă a schemelor de funcţionare.

II. 20. E. Cahane (IRE Galaţi) : Strategia trecerii la tensiune superioară a reţelelor urbane a IRE Galaţi.

II. 21. Gh. Condurache (I. P. Iaşi) şi M. Caba (IRE Iaşi) : Optimizarea activităţii de construcţie a posturilor de transformare folosind metoda drumului critic.

Secţia III— Soluţii noi privind dotarea şi exploatarea instalaţiilor electroenergetice

III. 1. Gh. Savin şi H. Rosman (I. P. Iaşi) : Surse de armonici în reţelele de transport şi distribuţie ; efecte şi combaterea lor.

III. 2. A. Arie (I. P. Bucureşti) : Consideraţii asupra fenomenelor deformante în reţelele electrice.

III. 3. D. Bărbulescu şi C. Mărcuţă (I. P. Iaşi) : Mijloace şi metode de măsurare a semnalelor deformante din instalaţiile electrice industriale.

III. 4. A. Chitian, E. Pasere, C. Poiană şi Y. Enăchescu (ICPE) : Contribuţii la proiectarea optimală a echipamentelor filtrelor de armonici de medie tensiune.

III. 5. I. Gheorghiu (IRE Bacău) : Contribuţii la studiul efectelor poluării asupra izolaţiei electrice.

III. 6. O. Mustaţă, E. Dorohoianu, M. Daniliuc şi D. Parascan (IRE Suceava) : Priorităţi în stabilirea lucrărilor de îmbunătăţire a parametrilor tehnici ai reţelelor electrice.

III. 7. N. Sufleţel (IRE Iaşi) : Perfecţionarea organizării activităţii de exploatare şi întreţinere în transportul şi distribuţia energiei electrice corelată cu optimizarea dezvoltării sistemului.

III. 8. N. V. Boţan, M. Diaconescu şi Gh. Savitescu (I. P. Iaşi) : Contribuţii la funcţionarea stabilă a motoarelor sincrone la golurile şi pauzele de tensiune în sistemul energetic.

III. 9. I. Bejan, I. Tîţaru, M. Voicu, C. Pal şi D. Asandei (I.P. Iaşi) : Contribuţii la creşterea performanţelor protecţiilor de distanţă.

III. 10. R. Sfichi (IRE Suceava) : Consideraţii privind posibilităţile de apariţie a supratensiunilor de rezonanţă armonică în liniile de foarte înaltă tensiune.

III. 11 .M. Grigoriu şi O. Guţu (ICEMENERG) : Algoritmi şi programe de optimizare a sistemelor cu bucle interconectate şi aplicaţii în termoenergetică.

III. 12. L. Turic, D. Alexa şi M. Lucanu (I. P. Iaşi) : Redresor comandat cu comutaţie forţată care nu solicită putere reactivă reţelei de alimentare.

III. 13. St. Florescu (IRE Bacău) : Lucrul sub tensiune în reţelele de transport şi distribuţie a energiei electrice.

III. 14. A. Apetrei, I. Damian şi A. Benchea (IRE Iaşi) : Constatări şi posibilităţi de diminuare a erorilor în măsurarea energiei electrice.

III. 15. L. Preda, E. Voinea şi E. Bîrlădeanu (I. P. Iaşi) : Asupra posibilităţilor de măsurare directă a puterilor (energiilor) de nesimetrie în reţelele trifazate cu patru conductoare.

III. 16. Ov. Lungu, R. Tecuceanu şi N. Şorea (IRE Suceava) : Comportarea întrerupătoarelor de 20 kV în condiţiile unui număr sporit de declanşări.

III. 17. N. Murariu (IRE Suceava) : Grup electrogen portabil pentru măsurători de tensiuni de atingere şi pas la prizele de pămînt.

III. 18. P. Leonte (I. P. Iaşi) : Generator de impulsuri cu magnetizare ortogonală (GIMO).

III. 19. M. Antoniu (I. P. Iaşi) : Un kilovoltmetru electrostatic cu trei limite de măsură.

III. 20. Gh. Michiu, D. Cernomazu şi Fl. Gavril (URTAE Roman) : Îmbunătăţiri constructive efectuate la transformatoarele de forţă cu ocazia reviziilor şi reparaţiilor.

III. 21. M. Crăciun şi A. Tecla (Întrepr. „Ascensorul" — Bucureşti) : Cercetarea fenomenului de flicker în reţelele de energie electrică şi realizarea unui flickermetru.

III. 22. D. Ivas, A. Poeată, E. Bîrlădeanu, N. Poeată şi M. Ilinca (I. P. Iaşi) : Contribuţii la optimizarea sistemului de alimentare cu energie electrică a liniei de contact pentru vehiculele ramă urban, suburban şi interurban.

III. 23. Fl. Predan (ICEMENERG) : Metodologie de determinare prin măsurători directe a parametrilor elementelor sistemului electroenergetic. Rezultate obţinute.

III. 24. I. Bergman (I. P. Iaşi), N. Sufleţel (IRE Iaşi) şi A. Prisăcaru (I. P. Iaşi) : Cu privire la oportunitarea instalării unor autotransformatoare de 20/20 ± 5 % kV, 4 000 kVA la capetele unei linii de energie.

III. 25. I. Filipiuc (I. P. Iaşi) : Studiul posibilităţilor de optimizare a funcţionării motorului de curent continuu cu comutaţie electronică (motor sincron autocondus) funcţie de procesul de comutaţie.

III. 26. B. Stoleru, L. Cîmpeanu şi V. Chiriţă (ISPE) : Posibilităţi şi perspective referitoare la utilizarea calculatoarelor de proces în exploatarea staţiilor electrice

III. 27. S. Marcu, V. Chiriţă, S. Locar şi I. Pivniceru (ISPE) : Soluţii optime de telemecanizare a reţelelor electrice de distribuţie.

Secţia I-Optimizarea dezvoltării sistemelor electroenergetice

Raport general

Şef lucr. ing. **Virgil Alexandrescu**

Ritmul înalt de creştere a economiei naţionale a determinat, de mai bine de un deceniu, o dezvoltare intensă pe planuri multiple a sistemului electroenergetic naţional, sistem modern şi complex, în faţa căruia se impun tot mai mult cerinţe şi exigenţe de economicitate, siguranţă în funcţionare şi calitate.

Dezvoltarea sistemelor electroenergetice în condiţiile actuale nu se mai poate concepe în afara optimizării pe baza unor criterii ştiinţifice fundamentate. Este de remarcat de la început că această idee a fost subliniată, într-o măsură mai mare sau mai mică, în toate referatele înscrise în cadrul secţiei I. Cele 20 de referate cuprind aspecte variate ale optimizării sistemului electroenergetic, fiind împărţite, în funcţie de natura problemelor abordate, în două grupe.

Lucrările reflectă rodul activităţii şi preocupărilor unor colective de specialişti din instituţii de prestigiu din activitatea de proiectare şi cercetare, din învăţământ şi producţie : ISPE, Institutul politehnic Bucureşti, Institutul politehnic Iaşi, Întreprinderile de reţele electrice Iaşi şi Suceava.

1. Concepte, modele şi metode în optimizarea dezvoltării sistemelor electroenergetice

În prima grupă se încadrează un număr de 13 referate, din care patru (I.1, I.2, I.3, I. 19) tratează problemele generale ale optimizării sistemelor electroenergetice, subliniind cu pregnanţă necesitatea aplicării sistematizate, pe scară largă în domeniul analizat, a conceptelor şi metodelor teoriei sistemelor şi ciberneticii.

Evidenţiind rolul sistemului energetic ca subsistem al economiei naţionale, aflat în strînsă interdependenţă cu celelalte subsisteme şi fiind supus, în acelaşi timp, criteriului general de minimizare a cheltuielilor de muncă socială, referatul I.1. subliniază faptul că problema esenţială a funcţionării şi dezvoltării sistemului energetic constă în necesitatea optimizării sale complexe, multicriteriale ; aceasta necesită minimizarea simultană a unor funcţii care trebuie să reflecte aspectele multiple ale influenţei dezvoltării sistemului energetic asupra mediului înconjurător.

Referatul prezintă, în continuare, unele tendinţe inegale în evoluţia subsistemelor energetice pe plan mondial, în condiţiile în care creşterea cererii de energie se va menţine încă mult timp la aceeaşi formă exponenţială. Astfel, se indică studii recente care arată o creştere accentuată a ponderii energiei nucleare, în special după anul 2000, reducerea rapidă a ponderii ţiţeiului începînd din deceniul următor, creşterea constantă a rolului cărbunelui şi a rolului energiilor neepuizabile : hidraulică, solară, geotermică, biomasă etc.

Prezentarea critică şi comparativă a modelelor actuale utilizate în planificarea dezvoltării sistemelor energetice, ca : modelul input-output, cu varianta sa statică şi dinamică, modelul input-output stocastic pentru studii de perspectivă apropiată şi medie, modele de programare liniară cu avantajul obţinerii unei soluţii optime după un criteriu determinat etc., scoate în relief necesităţile de adîncire a cercetărilor în acest domeniu, mai ales sub aspectul perfecţionării informaţiilor de intrare, în scopul creşterii aplicabilităţii practice. În încheiere atrage atenţia un model de optimizare iterativă în care preţurile produselor energetice, iniţial prestabilite, sînt corectate succesiv pînă la atingerea convergenţei. Autorii apreciază că un asemenea model este susceptibil de noi perfecţionări în viitor.

Referatul I. 2 atrage atenţia asupra unei probleme de importanţă majoră în etapa actuală de dezvoltare a sistemelor electroenergetice moderne, şi anume necesitatea folosirii pe scară largă în activitatea de proiectare şi exploatare a legilor şi metodelor ştiinţei sistemelor. Se subliniază faptul că în prezent se întrevede o nouă etapă de organizare în dezvoltarea sistemelor energetice — etapa cibernetizării, chemată să rezolve în mod superior o serie de probleme tehnice de mare complexitate, care nu pot fi soluţionate satisfăcător cu ajutorul mijloacelor de automatizare clasice. Această nouă etapă nu se poate concepe în afara modului „sistemic" de abordare a problemelor, care permite o cunoaştere profundă a interdependenţelor multiple în analiza fenomenelor, a raporturilor : cauză-efect, scop şi mijloace. Referatul prezintă cîteva probleme de proiectare în care gîndirea sistemică ar putea conduce la realizarea unor structuri şi funcţiuni optime, la eliminarea unor dificultăţi de analiză şi, ca urmare, la optimizarea unor decizii tehnice şi economice.

Abordînd problematica generală a metodelor utilizate în studiile de dezvoltare, referatul I.3 susţine, de pe poziţia teoriei generale a sistemelor, ideea schemei unice de conducere, atît ca „dezvoltare", cît şi din punct de vedere „operativ". În această viziune, dezvoltarea se va asigura cu ajutorul unui set de algoritme şi programe în care, introducînd informaţiile culese şi prelucrate de sistemul de conducere, să se elaboreze, printr-un sistem de decizie, comenzile de execuţie necesare. Unificarea celor două sisteme de conducere — operativ şi dezvoltare — nu este posibilă fără cibernetizarea sistemului energetic. În această ordine de idei rezultă una dintre sarcinile prioritare în domeniul pregătirii viitorilor specialişti în energetică : instruirea acestora într-o măsură suficientă în problemele fundamentale ale ştiinţei conducerii.

Referatul I.19 aduce în discuţie o problemă de primă însemnătate privind conducerea optimă a sistemului electroenergetic cu ajutorul calculatorului numeric, şi anume gradul de precizie al informaţiilor prelucrate. Deoarece, de regulă, informaţia de intrare se prezintă cu anumite grade de incertitudine, adoptarea deciziilor trebuie să se facă cu ajutorul algoritmelor elaborate pe baza teoriei optimizării stocastice. Referatul analizează stadiul actual al teoriei estimării stării sistemelor energetice în condiţiile datelor de intrare cu caracter aleatoriu şi prezintă metoda propusă de autori, prin care sînt selectate nodurile ale căror grafice de sarcină influenţează preponderent asupra circulaţiei de puteri pe o anumită linie a sistemului. În acest scop se foloseşte entropia, ca măsură a gradului de incertitudine a variabilei aleatorii „circulaţie de putere" în funcţie de variabilele aleatorii care reprezintă sarcinile din noduri. Este de reţinut o concluzie finală a referatului care subliniază necesitatea continuării cercetărilor privind calculele de regimuri cu considerarea caracterului aleatoriu al datelor şi importanţa acestora în optimizarea dezvoltării sistemelor electroenergetice.

O serie de aspecte concrete ale exploatării şi proiectării dezvoltării sistemului nostru electroenergetic, la nivel central sau teritorial, sînt redate în opt referate : I.4, I.5, I.8, I.10, I.12, I.13, I.14, I.16.

Precizări noi în problema repartiţiei optime a sarcinii într-un sistem electroenergetic se aduc în referatul I.4, plecînd de la caracterul aleatoriu al caracteristicilor de consum şi de creşteri relative. Este cunoscut faptul că repartiţia optimă a puterilor active se face după caracteristicile medii, abaterile în jurul acestora fiind de 6—7 %, ceea ce reflectă un consum de combustibil mai mare decît în cazul optimizării după caracteristicile reale. Consumul suplimentar este determinat în cadrul unui algoritm ce foloseşte simularea prin metoda Monte-Carlo a caracteristicilor, considerate ca variabile aleatorii cu repartiţie normală. Procedeul utilizat prezintă un deosebit interes practic şi se încadrează în linia generală a metodelor de prelucrare statistică a informaţiilor de intrare.

După o succintă expunere a elementelor caracteristice, a avantajelor şi dezavantajelor centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj (CHEAP), referatul I.5 expune o analiză globală a integrării CHEAP în sistemul electroenergetic. Se prezintă, de asemenea, optimizarea ansamblurilor CHEAP, CTE şi CNE în contextul structurii sistemului electroenergetic din R.S.R., ajungîndu-se la o serie de concluzii deosebit de interesante privind influenţa CHEAP asupra dezvoltării sistemului în ansamblu.

În referatul I.8, alegînd drept criteriu de optimizare consumul total de energie electrică pentru construcţia şi exploatarea liniilor electrice, se determină densitatea de curent după acest criteriu. Întrucît valorile rezultate din calcule sînt mult inferioare densităţilor economice normate, autorii susţin, pe această cale, prevederile normativului PE 135/77.

Referatul I.10 expune în detaliu cauzele şi manifestarea mişcării de galopare a conductoarelor liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune, insistînd asupra măsurilor de proiectare şi de exploatare care să conducă la diminuarea solicitărilor datorate acestui fenomen. Rezultă, astfel, condiţiile în care trebuie să se facă alegerea traseului, verificarea stîlpilor, a distanţelor între faze şi deschiderilor, soluţiile tehnice pentru preluarea şocului şi amortizarea vibraţiilor. Totodată se analizează o serie de factori care favorizează fenomenul, cum sînt : depunerile neuniforme de chiciură, variaţia unghiurilor de direcţie şi a vitezei vîntului şi se evidenţiază necesitatea de a continua studierea oscilaţiilor de galopare prin măsurători complexe pe viu.

Analizînd criteriile şi indicatorii utilizaţi în studiile de optimizare a interconexiunii sistemelor electroenergetice naţionale, referatul I.12 subliniază că între avantajele funcţionării în paralel cu alte sisteme se impune să se valorifice în primul rînd reducerea posibilă a necesarului total de putere instalată pe ansamblul ţărilor şi pe fiecare ţară în parte. În acest scop este necesar să se convină un nivel de siguranţă al ansamblului, plecînd de la condiţiile specifice fiecărei ţări. În referat se arată că acest nivel ar putea fi diferit de 0,999, cît se consideră în prezent. Se arată, de asemenea, necesitatea existenţei unei convenţii între ţări, de garantare a efectului energetic convenit şi a întocmirii de studii proprii, şi în comun, în fiecare etapă de dezvoltare.

Ca un aspect concret al modului în care optimizarea concepției de proiectare a determinat creșterea continuă a eficienței investițiilor, în referatul I.13 se scoate în evidență evoluția parametrilor și indicatorilor tehnico-economici obținuți în țară la realizarea stațiilor interioare de 110 kV, grupate de autori pe patru generații. Pornind de la condițiile care impun construcția în clădire a stațiilor urbane și industriale — lipsa de spațiu și gradul de poluare —, referatul prezintă schemele electrice și dispozițiile constructive caracteristice stațiilor de 110 kV de tip interior, precum și evoluția acestora în timp. Concluziile și recomandările din final se referă atît la domeniul de utilizare a stațiilor interioare de 110 kV cu echipamente clasice și capsulate izolate în SF_6, cît și la tendințele care se manifestă în realizarea acestui tip de stații.

Referatul I.14 se ocupă de modul de determinare a unor caracteristici generale, legate de procesul de reglaj automat frecvență-putere, și prezintă determinarea teoretică și experimentală a inerției pe baza variațiilor de frecvență. Se arată că o corelare între metodele globale și cele detaliate, datorită posibilităților oferite de marile calculatoare, poate duce la rezultate suficient de exacte și sigure. Se trag o serie de concluzii practice importante cu privire la acțiunile de prevenire a avariilor și la automatica de sistem.

Referatul I.16 prezintă strategia dezvoltării rețelei de transport și distribuție a IRE Iași în perspectiva anului 1990, elaborată de un colectiv de proiectare a acestei întreprinderi, pe baza stabilirii evoluției probabile a consumului, a caracteristicilor instalațiilor existente, urmărind obținerea unor investiții și cheltuieli de exploatare reduse, realizarea gradului necesar de siguranță în funcționare. Ritmul intens de dezvoltare economică a județelor Iași și Vaslui în perioada 1978—1985, superior mediei pe țară, apariția și extinderea unor mari platforme industriale, cu exigențe sporite de siguranță în alimentare, introducerea gătitului electric în consumul casnic-edilitar vor marca o creștere însemnată a cererii de energie electrică. Ținînd seama în același timp de o serie de caracteristici specifice ale amplasării obiectivelor social-economice în cele două județe, s-au stabilit soluții de dezvoltare privind atît alimentarea din sistem, care prevede noi injecții la tensiuni superioare, de 220 și 400 kV, cît și rețelele de distribuție de înaltă, medie și joasă tensiune, pentru care s-a urmărit : separarea consumului urban de consumul industrial, alimentarea municipiilor Iași și Bîrlad prin scheme în inel de 110 kV, creșterea tensiunii de distribuție urbană de la 6 kV la 20 kV, extinderea tipului de rețea strîns-buclată pe joasă tensiune etc.

Metodele de analiză și prognoză, precum și reducerea consumului propriu tehnologic în rețele fac obiectul de analiză a două referate prezentate la această secție (I.15 și I.18).

Referatul I.15 analizează rezultatele obținute cu metodele actuale prin care se stabilesc normele de consum tehnologic și se efectuează postcalculul, precum și importanța lor în stabilirea căilor și măsurilor de reducere a pierderilor. Postcalculul permite o analiză a structurii consumului tehnologic, localizarea pierderilor în elementele sistemului, stabilirea abaterilor dintre valoarea de calcul și valoarea de evidență. Este semnificativă exemplificarea prin bilanțul energetic pentru zona Moldova, în rețelele de transport și distribuție, care pune în evidență unele diferențe mari între valoarea de calcul și cea de evidență, în special pentru autotransformatoare. De asemenea, în referat se specifică existența unor diferențe mari, nejustificate, între pierderile procentuale realizate în rețelele de MT/JT ale diferitelor întreprinderi de rețele electrice. Acest fapt vine, odată în plus, în sprijinul unei concluzii importante, după care în prezent nu sînt suficient adîncite analizele consumurilor tehnologice în rețelele de 110 kV, în cele de medie și de joasă tensiune, care au cea mai mare pondere în consumul total.

Lucrarea I.18 prezintă algoritmul și programul, realizat de autori, în scopul optimizării schemei de funcționare a unei rețele de distribuție de înaltă tensiune. Se urmărește realizarea unei circulații de puteri cu pierderi minime în rețeaua de înaltă și foarte înaltă tensiune prin debuclarea rețelei de 110 kV. Aplicarea metodei în cîteva cazuri concrete a pus în evidență faptul că se pot obține reduceri sensibile ale pierderilor de putere și de energie. Procentul de reducere depinde în mare măsură de structura rețelei de 110 kV și de gradul ei de încărcare, fiind cu atît mai mic cu cît încărcarea este mai mică.

Prin natura problemelor abordate, referatele I.15 și I.18 reflectă o temă prioritară de cercetare, la rezolvarea căreia, sub aspecte multiple, este necesar să participe un număr tot mai mare de specialiști.

2. Criterii de siguranță în optimizarea dezvoltării sistemelor electroenergetice

În această grupă sînt reunite un număr de șase lucrări, care reflectă într-o proporție însemnată experiența acumulată timp îndelungat în cadrul ISPE în alegerea soluțiilor de proiectare a sistemelor ținînd seama de criteriile de siguranță în funcționare. Este prezentată, de asemenea, experiența în acest domeniu a colectivului de cercetare din Institutul politehnic și IRE Iași.

Astfel, referatul I.6 prezintă, sistematizat și concis, conceptul de ierarhizare pe trei niveluri a siguranței în funcționare a nodurilor sistemelor electroenergetice, de care trebuie să se țină seama atît în studiile de perspectivă cît și în conducerea operativă a instalațiilor. Potrivit acestui concept, gradul de siguranță în alimentarea unui consumator racordat la un nod apare ca rezultat al suprapunerii gradelor de siguranță existente la următoarele niveluri ierarhice :

— siguranța la *nivel de sistem*, exprimată prin gradul de satisfacere a energiei cerute într-un timp dat, sau a puterii maxime cerute ;

— siguranța la *nivel de zonă* sau siguranța asociată, depinzînd de legăturile exterioare nodului consumator analizat ;

— siguranța la *nivel local* sau *siguranța intrinsecă*, depinzînd de tipul schemei de conexiuni, de numărul celulelor și de lungimea liniilor racordate.

În referat se analizează factorii care influențează fiecare nivel de siguranță și se indică metodele și programele de calcul pentru determinarea indicatorilor de siguranță la fiecare nivel ierarhic. Ca exemplificare, se prezintă indicatori de siguranță asociată pentru unele noduri de 400 kV și 220 kV din zona Moldova pentru anul 1980. Concluziile care se desprind din analiza efectuată, de un real interes practic, conduc la ideea că asupra creșterii gradului de siguranță se poate acționa atît prin investiții la fiecare nivel ierarhic, în care caz se subliniază necesitatea corelării acestora cu gradul de siguranță realizat la niveluri superioare, cît și prin măsuri de conducere operativă și automată la fiecare nivel.

Plecînd de la ideea că planificarea sistemelor energetice interconectate este din ce în ce mai mult bazată pe evaluarea siguranței, referatul I.7 arată că, pentru stabilirea strategiilor de dezvoltare în perspectivă, optime tehnico-economic, este necesar un compromis între investiții și pierderi datorită energiei nelivrate, în principal ca o consecință a instabilității și avariei în cascadă. Comparația între criteriile utilizate în planificare și evaluarea siguranței în funcționare arată necesitatea de a găsi secvențele de evenimente cele mai caracteristice și cele mai probabile. Asemenea criterii pot fi mai severe în exploatare decît în planificare. Referatul a conturat, de asemenea, căile viitoare de studii și cercetări în acest domeniu care să ducă la obținerea unor soluții mai sigure și mai economice, urmărind în primul rînd diminuarea pagubelor ce rezultă din avariile de sistem.

Concepția generală asupra studiilor de siguranță în țara noastră este descrisă succint în referatul I.9. Optimizarea instalațiilor energetice sub aspectul siguranței în funcționare se efectuează, după caz, prin optimizări tehnico-economice, care țin seama de daunele provocate consumatorilor la întreruperea alimentării, sau pe bază de risc maxim admis dacă consecințele întreruperii sînt foarte grave și nu se pot exprima bănește. Pentru ambele cazuri se prezintă modelele generale de calcul elaborate și adaptate în cadrul ISPE. Analizînd dependența dintre nivelul de siguranță și nivelul de rezervare, cît și aspectele esențiale ale corelării fiabilității între elementele unei instalații, în referat se desprind o serie de concluzii deosebit de utile în studiile de siguranță. Printre acestea se enumeră :

— adoptarea unei soluții de rezervare la nivelul unei instalații întregi trebuie să fie precedată de analizarea soluției, în general mai economice, de mărire a fiabilității elementelor componente ;

— în vederea optimizării nivelului de siguranță prin creșterea fiabilității elementelor componente, este necesar să se acționeze asupra acelor elemente cu efect maxim asupra siguranței sistemului ; în acest sens se prezintă modelele de calcul privind corelarea fiabilității elementelor unei instalații. Această problemă, de interes larg în activitatea de proiectare, trebuie să constituie în continuare obiectul unor studii și cercetări aprofundate.

Posibilitățile concrete de calcul al siguranței sistemelor electroenergetice sînt expuse în referatul I.11, care ajunge la unele concluzii importante asupra aplicării modelelor bazate pe metoda Monte Carlo și a lanțurilor Markov. Se arată că modelele bazate pe metoda Monte Carlo dau rezultate bune pentru calculul siguranței la nivel de zonă sau la nivel de sistem, furnizînd indicatori care pot justifica apariția unor artere noi de transport. Cu ajutorul modelelor bazate pe lanțuri Markov se pot analiza zone limitate, obținîndu-se indicatori de siguranță pentru noduri. Este de remarcat că fiecare dintre aceste metode oferă anumite avantaje, putînd fi folosite după necesități, separat sau complementar.

O cale interesantă de folosire a indicatorilor de siguranță asociată a nodurilor la determinarea strategiei optime de dezvoltare a unei rețele de înaltă tensiune este prezentată în referatul I.17. Pornind de la funcția de probabilitate a puterilor disponibile în nod într-o variantă de dezvoltare, prin comparație cu evoluția în timp a consumului în nod, va rezulta, în situația dată, momentul în care consumul este asigurat cu o probabilitate normată, moment în care se impune următorul pas în dezvoltarea rețelei. Procedeul este aplicat în cazul rețelei de înaltă tensiune a IRE Iași.

Referatul I.20 prezintă unele aspecte privind creşterea continuităţii în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali în condiţiile unor incidente tehnice rare, care pot conduce la avarii extinse, cu consecinţe economice importante. Analizînd principalele incidente caracteristice care pot duce la întreruperea alimentării, posibilităţile şi mijloacele de limitare a acestora, se desprind o serie de măsuri propuse spre examinare în cadrul studiilor de alimentare cu energie electrică a marilor consumatori industriali. Aceste măsuri se referă în primul rînd la prevederea instalaţiilor de automatizare corespunzătoare în reţelele de transport şi în reţeaua consumatorului. De asemenea, este necesară fundamentarea unei concepţii de organizare a reţelelor platformelor industriale care să asigure condiţii bune de insularizare în caz de incidente.

Concluzii

Din analiza referatelor prezentate în cadrul primei secţii rezultă o mare varietate de aspecte ale problemelor privind optimizarea dezvoltării sistemului electroenergetic, cu concluzii şi propuneri valoroase, de utilitate practică imediată. Dintre acestea se menţionează cîteva, cu caracter mai general :

— Necesitatea extinderii metodelor şi modelelor teoriei sistemelor în activitatea curentă de cercetare şi proiectare, perfecţionarea pe această bază a informaticii de sistem, formarea specialiştilor cu profil larg, în stare să soluţioneze problemele complexe ale dezvoltării sistemelor electroenergetice.

— În scopul soluţionării diverselor aspecte concrete în proiectarea obiectivelor electroenergetice, este necesar ca modelele şi metodele oferite de teoria modernă a sistemelor să treacă într-un ritm mai accentuat din domeniul consideraţiilor teoretice în cel al aplicaţiilor practice, la toate nivelurile ierarhice.

— Necesitatea adîncirii şi sistematizării studiilor de optimizare a dezvoltării sistemului electroenergetic, cu considerarea caracterului aleatoriu al informaţiilor de intrare.

— Necesitatea dezvoltării şi sistematizării studiilor de siguranţă ţinînd seama de varietatea mare de moduri în care aceste probleme sînt abordate pe plan mondial şi în ţară. Concepţia ierarhizării nivelurilor de siguranţă şi corelării judicioase a acestora constituie un punct de plecare bine gîndit în această direcţie.

În sfîrşit, există convingerea că schimburile de opinii şi idei pe marginea problematicii puse în discuţie vor contribui la cristalizarea unor direcţii juste de urmat în viitor.

Optimizarea sistemelor şi subsistemelor energetice. Metode, tendinţe, rezultate

prof. dr. doc. ing. **V.I. Nitu**
dr. ing. **E. Costin**
dr. ing. **D.S. Necşulescu***)

Dezvoltarea rapidă în ultima perioadă a reţelelor electrice şi a surselor de energie electrică, spre a face faţă cerinţelor în continuă creştere ale economiei naţionale, a determinat apariţia unor sisteme electroenergetice de mari dimensiuni şi în ţara noastră. Interdependenţa accentuată între noduri producătoare şi consumatoare, aflate la distanţe geografice uneori considerabile, ce decurge din constituirea sistemului energetic, ca şi penuria tot mai accentuată de combustibili pe piaţa internaţională evidenţiază tot mai mult existenţa unui sistem închegat de relaţii şi interdependenţe ale tuturor formelor de energie, de la sursă pînă la consumul final, sistemul energetic.

Sub acest aspect, distingem sistemul energetic, ca totalitate a unităţilor de extracţie, prelucrare, stocare, transport, distribuţie şi consum al energiei, legate între ele prin reţele de transport de diverse tipuri (reţele electrice de conducte, de transport feroviar, rutier etc.).

Diferitele forme şi purtători de energie ce parcurg sistemul energetic permit delimitări între părţile acestuia, considerate ca subsisteme; reprezentarea acestora se face în figura 1.

Sistemul energetic, subsistem al economiei naţionale, se supune şi el aceloraşi imperative

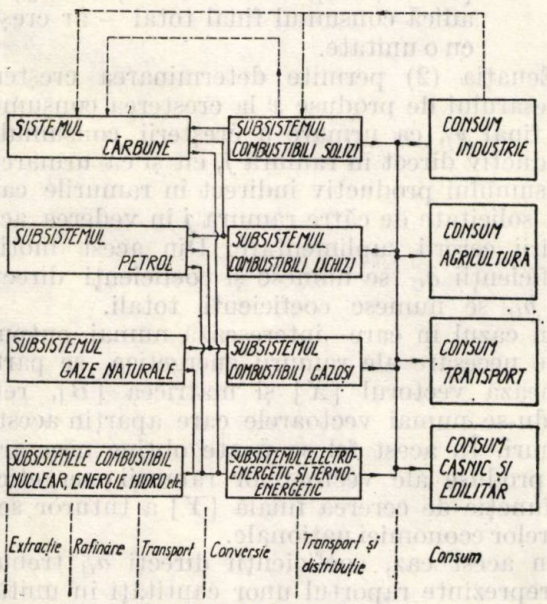


Fig. 1. Sistemul energetic.

*) Prof. dr. doc. ing. Vasile Nitu este director tehnic la ISPE; dr. ing. Emil Costin şi dr. ing. Dan S. Necşulescu lucrează la ISPE;

de minimizare a cheltuielii de muncă socială. În acest cadru, una dintre problemele esenţiale ale funcţionării şi dezvoltării sistemului energetic este necesitatea optimizării complexe, ţinînd seama în mod simultan de un ansamblu de cerinţe care reglează evoluţia sa în prezent şi în perspectivă.

Sistemul energetic, ca parte a eco-socio-sistemului general implică în evoluţia sa reacţii multiple din partea celorlalte subsisteme; optimizarea dezvoltării sistemelor energetice este astfel o problemă multicriterială, în care nu este suficientă simpla minimizare a unor cheltuieli, ci devine necesară minimizarea simultană a unor funcţii care să ţină seama de influenţele dezvoltării sistemului energetic asupra mediului înconjurător din variate puncte de vedere: fizic, chimic, biologic, social.

Studii recente cu privire la evoluţia viitoare a necesităţilor energetice mondiale şi a acoperirii acestora [1], prezentate la unele conferinţe mondiale ale energiei, la CIGRE în 1978, arată că cel puţin pînă în primul sfert al secolului următor tendinţa de formă exponenţială a creşterii cererii mondiale de energie este de aşteptat să se menţină.

Defalcarea însă a acestor tendinţe pe grupe de ţări indică mari prefaceri viitoare, în sensul unei conservări accentuate a energiei în ţările astăzi puternic industrializate (OCDE), al unei tendinţe de încetinire a ritmului de creştere a

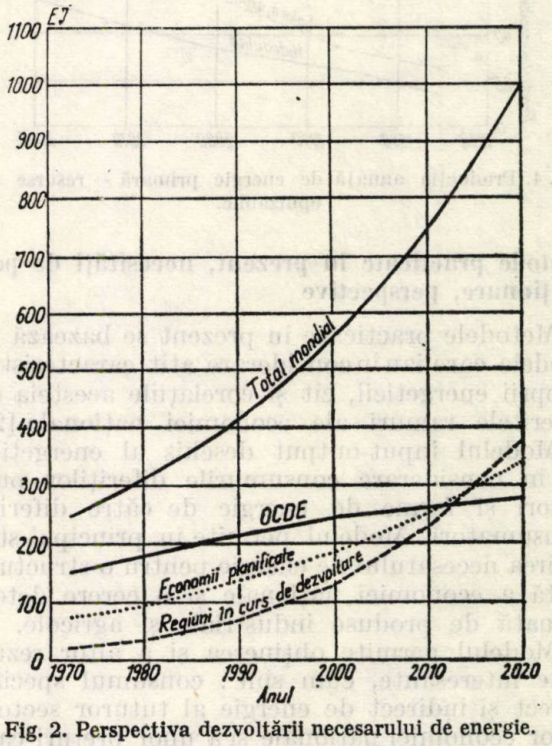


Fig. 2. Perspectiva dezvoltării necesarului de energie.

consumului de energie la ţările socialiste şi al unei accentuări a ritmului creşterii consumului de energie la ţările în curs de dezvoltare (fig. 2.).

În ceea ce privește evoluția subsistemelor energetice, prevăzute a asigura acoperirea cererilor de energie citate, aceleași studii arată o creștere accentuată a ponderii energiei nucleare, în special după anul 2000, reducerea rapidă a

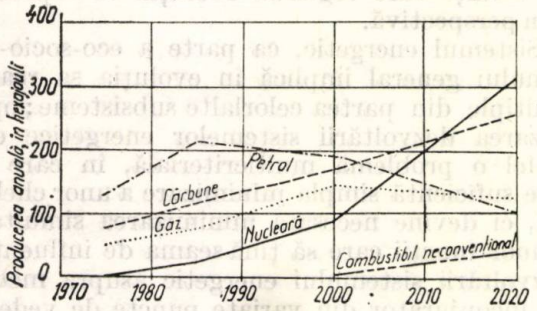


Fig. 3. Producția anuală de energie primară — resurse epuizabile.

rolului țițeiului, începînd din deceniul următor, și creșterea constantă a rolului cărbunelui de-a lungul întregului orizont previzibil (fig. 3).

Se prevede de asemenea sporirea constantă a rolului energiilor neepuizabile : energia hidraulică și sursele noi de energie — solară, geotermică, biomasă etc. (fig. 4*).

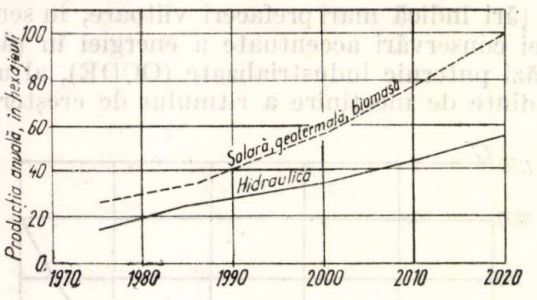


Fig. 4. Producția anuală de energie primară — resurse neepuizabile.

Metode practicate în prezent, necesități de perfecționare, perspective

Metodele practicate în prezent se bazează pe modele care iau în considerare atît caracteristici proprii energeticii, cît și corelațiile acesteia cu diferitele ramuri ale economiei naționale [2].

Modelul input-output deschis al energeticii ia în considerare consumurile diferiților purtători și forme de energie de către diferiții consumatori. Modelul permite în principal stabilirea necesarului de energie pentru o structură dată a economiei naționale și o cerere determinată de produse industriale și agricole.

Modelul permite obținerea și a altor rezultate interesante, cum sînt : consumul specific direct și indirect de energie al tuturor sectoarelor economiei naționale și a unor prețuri care se calculează unitar, în funcție de consumurile specifice, salarii, dobînzi, impozite etc.

*) în unități MKSA, 1EJ = 10^{18} J = 278 TWh.

Relația matricială de bază a modelului input-output, pentru o economie reprezentată prin $j = 1,2,\ldots, n$ sectoare economice, este :

$$([I] - [A]).\ [X] = [Y], \qquad (1)$$

unde

$[I]$ este matrice, avînd termenii $i_{kk} = 1$ și $i_{kl} = 0$, pentru $k,\ l = 1,2,\ldots, n$;

$[A]$ — matricea structurală a economiei naționale, cu termenul general a_{ij}, care reprezintă cantitatea y_{ij} din producția sectorului i absorbită de sectorul j (input-ul din i în j), raportată la producția fizică x_j a sectorului j ;

$[Y]$ — vectorul consumului total final, cu termenul general y_j, care reprezintă cererea de bunuri ale sectorului j, absorbite de gospodăriile individuale și comunale, guvern și alți beneficiari finali ;

$[X]$ — vectorul producțiilor (output-urilor) sectoarelor.

Dacă indicele i reprezintă, spre exemplu, sectorul electroenergeticii, coeficientul a_{ij} reprezintă cantitatea de energie electrică absorbită de vectorul j pentru obținerea unei unități de produse ale sectorului j.

Dacă $i = j$, a_{ij} reprezintă consumul propriu al ramurii.

Rezolvarea ecuației matriciale (1) se poate face prin inversarea matricei $[I] - [A]$.

$$[X] = ([I] - [A])^{-1} \cdot [Y] = [B] \cdot [Y], \qquad (2)$$

unde

$[B]$ este matricea lui Leontief, avînd termenul general b_{ij}, care indică cu cît ar crește producția x_1, a sectorului i, dacă y_j — adică consumul final total — ar crește cu o unitate.

Ecuația (2) permite determinarea creșterii necesarului de produse x la creșterea consumului final y_j, ca urmare a creșterii consumului productiv direct în ramura j, cît și ca urmare a consumului productiv indirect în ramurile care sînt solicitate de către ramura j în vederea acoperirii cererii suplimentare. Din acest motiv, coeficienții a_{ij} se numesc și coeficienți direcți, iar b_{ij} se numesc coeficienți totali.

În cazul în care interesează numai outputurile necesare ale ramurii energetice, se partiționează vectorul $[X]$ și matricea $[B]$, reținîndu-se numai vectoarele care aparțin acestei ramuri. În acest fel se poate obține necesarul de produse ale vectoarelor ramurii energetice, în funcție de cererea finală $[Y]$ a tuturor sectoarelor economiei naționale.

În acest caz, coeficienții direcți a_{ij} trebuie să reprezinte raportul unor cantități în unități naturale (spre exemplu kWh/t oțel). Vectorul consumului final $[Y]$ se obține astfel :

$$[Y] = [Y_i] + [Y_p] + [I] + [S] + \\ + [Y_e] \cdot [Y_1], \qquad (3)$$

unde vectorii din membrul drept reprezintă:

$[Y_1]$ — consumul gospodăriilor individuale;
$[Y_p]$ — consumul gospodăriilor comunale;
$[I]$ — investițiile;
$[S]$ — modificările în stocuri;
$[Y_e]$ — exporturile;
$[Y_i]$ — importurile.

Calculele efectuate în cazul în care sectoarele ramurii energetice apar explicit în matricea structurală $[A]$ impun cunoașterea tuturor coeficienților a_{ij} pentru fiecare sector energetic și fiecare sector economic. În cazul în care nu se dispune de un ansamblu atît de detaliat de coeficienți, este posibilă agregarea tuturor sectoarelor energetice într-un singur sector energetic, fie acesta sectorul i, caz în care a_{ij} reprezintă raportul mărimilor x_{ij} și x_j în unități valorice (lei/lei). În această situație se obține output-ul necesar E_i al sectorului energiei exprimat în unități valorice prin produsul matricial:

$$[E_i] = [B] \cdot [Y], \qquad (4)$$

în care $[E_i]$ reprezintă vectorul liniei i din matricea $[E]$.

Un astfel de model static input-output a fost folosit de Comisia Economică pentru Europa a ONU, pentru stabilirea necesarului de energie al țărilor europene [4].

Modelul input-output se poate formula și în varianta dinamică:

$$([I] - [A]) \cdot [X_t] - [C] \cdot ([X_{t+1}] - [X_t]) = [Y_t], \; t = 1, \; 2 \qquad (5)$$

unde

T este numărul de ani considerați;
$[X_t]$, $[X_{t+1}]$ — vectorul outputurilor în anul t, respectiv în anul următor, $(t + 1)$;
$[Y_t]$ — vectorul consumului total final în anul t;
$[C]$ — matricea coeficienților de capital, cu termenul general b_{ij}, reprezentînd volumul de bunuri produse de sectorul i, pe care sectorul j trebuie să-l dețină pentru a fi în stare să efectueze o producție suplimentară de o unitate, atunci cînd producția se desfășoară la capacitatea totală.

Dacă se notează cu $[C_i]$ vectorul liniei corespunzător sectorului electroenergetic, atunci termenul

$$[C_i] \cdot ([X_{t+1}] - [X_t]) \qquad (6)$$

indică consumul suplimentar de energie electrică pentru a se acoperi necesarul suplimentar de producție a sectoarelor economice în anul $t + 1$, față de anul t, impus de consumul total final mai mare din anul $t + 1$, $[Y_{t+1}]$.

În cazul în care durata de timp este de ordinul anilor (peste 5 ani, de exemplu), este necesar să se ia în considerare și inovația tehnologică care modifică coeficienții a_{ij} și b_{ij}.

Modelele sistemului energetic bazate pe programarea liniară reprezintă sistemul energetic printr-un sistem de ecuații și inecuații liniare. Fie, spre exemplu, o rețea în care fiecare latură reprezintă o anumită etapă din lanțul energetic, pentru care cantitatea de energie (livrată de nodul din care pornește) x_i a unui anumit purtător de energie (de exemplu cărbune) este transformată, cu randamentul a_{ij}, în cantitatea de energie x_j, a altui purtător de energie (de exemplu gaz, combustibil obținut prin gazificare), iar nodurile corespund unui bilanț energetic al energiilor care intră și ies din noduri.

Această reprezentare printr-o rețea presupune obținerea în prealabil a unor echivalenți energetici ai mai multor unități similare de extracție, prelucrare, conversie, transport, distribuție și consum, prin punerea în paralel și în serie a acestor unități pe baza unor relații care în prezent nu sînt pe deplin precizate. Laturile de intrare (corespunzînd resurselor echivalente) și cele de ieșire din rețea (corespunzînd consumatorilor echivalenți) se consideră cu coeficientul $a = 1$.

Un model simplu se obține în ipoteza regimului constant al consumului și al producției diverselor unități energetice în cursul unui an.

Sistemul de ecuații în acest caz este format din:

— Ecuații corespunzînd transformărilor în laturi și bilanțurilor în noduri.

$$\sum_{i=k}^{k+K} x_i = \sum_{j=l}^{l+L} a_{ij} \cdot x_j, \qquad (7)$$

unde

K este numărul de laturi incidente în nod;
L — numărul de laturi care pleacă din nod.

În ansamblu sînt N ecuații de acest tip, asociate celor N noduri ale rețelei.

— Ecuații corespunzînd restricțiilor impuse de cantitatea de energie cerută într-un an de fiecare din cei R consumatori echivalenți reprezentați:

$$\sum_{i=m}^{m+M} x_i = c_r, \; r = 1,2, \ldots, R \qquad (8)$$

în care M este numărul de laturi care intră în nodul r corespunzător.

— Inecuații corespunzînd restricțiilor impuse de cantitatea de energie a purtătorilor de energie care se pot extrage din fiecare sursă de combustibil echivalentă p;

$$\sum_{i=h}^{h+H} a_{pi} \cdot x_i \leqslant s_p, \qquad p = 1, \; 2, \ldots, P \qquad (9)$$

unde H este numărul de laturi care pleacă din nodul asociat resursei P.

În situaţia unei multitudini de soluţii, se pune probema alegerii alternativei optime, pe baza unei funcţii-criteriu. Fie, de exemplu:

$$\min \sum_{i=1}^{I} C_i \cdot x_i, \tag{10}$$

unde I este numărul total de laturi, iar C^i reprezintă cheltuielile specifice (lei/kcal) aferente fiecărei laturi a reţelei.

Se observă că, dacă în cazul utilizării modelului input-output, structura economiei (inclusiv ramura energeticii) se presupune dată, în cazul modelelor bazate pe programarea liniară, ramura energeticii se reprezintă în mai multe alternative de structură, din care se alege alternativa optimă.

Un model matematic avînd drept scop optimizarea planului anual de aprovizionare cu combustibil şi energie a fost prezentat încă din 1967, de P. Buzoianu şi M. Bercovici, dimensionarea modelului fiind limitată de tehnica de calcul disponibilă în acel moment [3].

Avînd în vedere caracterul stocastic al datelor de intrare în modelul input-output (consumurile totale finale ale sectoarelor economice reprezentate în model), se impune transformarea acestuia într-un model input-output stocastic [5].

Relaţiile modelului input-output find relaţii algebrice de tipul:

$$x = \sum_{i=1}^{N} a_i y_i + b, \tag{11}$$

se poate obţine densitatea de repartiţie a variabilelor de ieşire:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\prod_{i=1}^{N} |a_i|} \int_{-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_N \left(\frac{x_1}{a_1}, \frac{x_2}{a_2}, \ldots \right.$$
$$\left. \ldots, \frac{x_{N-1}}{a_{N-1}}, \frac{x - \sum_{i=1}^{N-1} \frac{x_i}{a_i} - b}{a_N} \right) \tag{12}$$
$$\cdot dx_{N-1} \ldots dx_1,$$

în care densităţile de repartiţie φ_N corespund variabilelor de intrare.

În cazul în care cele N variabile de intrare sînt variabile aleatorii normal distribuite, de medii m_i, abateri medii pătratice σ_i şi coeficienţi de corelaţie r_{ij}, se pot obţine parametrii statistici ai variabilelor de ieşire (producţiile necesare ale sectoarelor energetice):

$$m_x = \sum_{i=1}^{N} a_i m_i + b \tag{13}$$

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^{N} a_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{j=1}^{N} \sum_{i=1}^{j-1} |a_i| \cdot |a_j| r_{ij} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_j \tag{14}$$

Această abordare stocastică este adecvată, în limita unor aproximări tehnic acceptabile, numai pentru studii de dezvoltare de orizont apropiat şi mediu, pentru care informaţia statistică disponibilă prezintă un nivel de credibilitate acceptabil.

Pentru cazuri de orizont îndepărtat (peste 20—25 ani), informaţia disponibilă îşi pierde caracterul statistic şi intră într-un domeniu ale cărui legităţi sînt studiate de teoria mulţimilor vagi [6].

În aceste cazuri se evaluează informaţia calitativă privind viitorul îndepărtat, deţinută de experţi, se cuantifică şi se introduce în relaţiile de calcul ale logicii vagului. Formalizarea actuală a acestei logici furnizează algoritmi de eficienţă suficientă pentru studiile privind orientarea dezvoltării sistemului energetic pe termen lung.

Dependenţa cererii de energie de preţuri, care are în general un caracter neliniar, impune utilizarea unei metode iterative, în planificarea dezvoltării sistemului energetic.

În figura 5 se prezintă schema-bloc a unui astfel de model de optimizare iterativă în care intervine un model de prognoză şi un model de optimizare a dezvoltării sistemului energetic, cuplate într-o buclă de iterare.

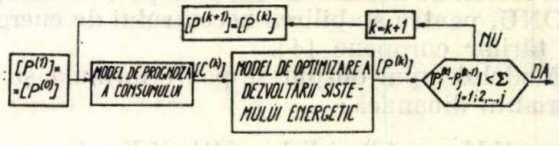


Fig. 5. Schema logică a metodei iterative de optimizare a dezvoltării sistemului energetic.

Calculul se porneşte de la un vector prestabilit de preţuri, stabilit prin prognoză sau ales prin similitudine cu vectorul actual de preţuri, care permite stabilirea primelor valori (C^0) ale vectorului cererii de produse energetice. În urma aplicării modelului de optimizare a dezvoltării sistemului energetic, prin precizarea lanţurilor energetice, se pot obţine preţurile produselor energetice ($p^{(1)}$), care, dacă diferă cu mai mult decît o valoare acceptabilă de valoarea prestabilită ($p^{(0)}$), impun reluarea iterativă a calculelor pînă la îndeplinirea restricţiei impuse erorilor de calcul.

Un astfel de model de calcul ridică probleme în ce priveşte convergenţa iteraţiilor la care răspunsurile date de diverşi cercetători sînt contradictorii [7], [8]. Există posibilitatea unei reprezentări prin paliere a dependenţei consumurilor energetice de preţuri, ceea ce permite formularea problemei globale a planificării dezvoltării sistemului energetic în formatul programării liniare, însă un răspuns definitiv în legătură cu această problemă mai constituie încă un subiect de cercetare.

Modelele de tipurile celor descrise mai sus trec tot mai frecvent din domeniul elaborărilor

strict teoretice în cel al elaborărilor cu scop practic. Astfel, în Marea Britanie [7], pentru fundamentarea deciziilor energetice guvernamentale se utilizează un model complex care cuprinde submodele ale consumului de gaze, electricitate, cărbune şi ţiţei, integrat cu un model energetic al întregii lumi; acest ansamblu de submodele este cuplat cu un model al evoluţiei preţurilor, bazat pe elasticitatea cererii.

În R.D.G. [9] este utilizat un ansamblu de modele de programare liniară, care permite corelarea dezvoltării economiei naţionale în ansamblu şi a energeticii cu subsistemele sale, cu dezvoltarea regională economică şi energetică.

Din S.U.A. [8], se pot cita modele ce slujesc pentru orientarea deciziilor marilor companii. Acestea se bazează adesea pe programare liniară ţinînd seama de particularităţile zonale, de interrelaţiile import-export şi de influenţele ecologice.

Bibliografie

[1] Kiely, J. R. şi Hart, D. E. *Le rôle de l'énergie électrique au cours de la première partie du XXI-ème siècle.* CIGRE — Session de1978, Rapport 41.04.

[2] Nitu, V. I. şi Necşulescu, D.S. *Concepţia sistemică în planificarea dezvoltării şi conducerea operativă în energetică.* Sesiunea de comunicări ştiinţifice Acad. R.S.R., Secţia de ştiinţe tehnice, 1976.

[3] Buzoianu, P., Bercovici,. M. şi col. Optimizarea planului anual de aprovizionare cu combustibil şi energie. În: Probleme economice, nr. 9, 1967.

[4] *** UNO, Economic Comission for Europe, *EEC Study of reasons taken or which might be taken to achieve increased economy and efficiency in the extraction, conversion, transport and use of energy in the ECE region.* 1976 E/ECE /983.

[5] Necşulescu, D.S. *Energy Systems Stochastic Models.* În: Revue Roum. Sci. Techn — Série Electr. et Energ. (în redacţie).

[6] Zadeh, L.A. *Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes.* În: IEEE — Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. nr. 1, ian. 1973.

[7] Hutber, F. N. *Modelling of Energy Supply and Demand.* În: Proc. of. IIASA Planing Conf. of Energy Systems: Luxemburg, Austria, 1973.

[8] Hoffman, K. C A. *Unified Framework for Energy Systems Planning.* Idem.

[9] Knop, H. *Application of Economic Mathematical Methods for Optimisation of the Power Industry of the GDR.* Idem.

Gîndirea sistemică în proiectarea sistemelor electroenergetice

Dr. ing. **E. Pavel***)

I. Necesarul de energie, mereu crescînd în societatea omenească contemporană, a determinat folosirea pe scară din ce în ce mai largă a energiei electrice, care, după cum se ştie, are o serie de avantaje în comparaţie cu alte forme de energie.

Prevederile specialiştilor arată că această creştere a necesarului de energie va fi asigurată încă multă vreme în mod deosebit prin mijloacele electroenergetice de producere, transport, distribuţie şi utilizare; instalaţiile electroenergetice în curent alternativ vor rămîne competitive pentru mult timp.

Cantitatea de energie primară transformată în energie electrică va creşte pînă la sfîrşitul secolului de la circa 25%, cît este valoarea relativă actuală, la circa 50%.

Dezvoltarea instalaţiilor electroenergetice a implicat în mod obiectiv constituirea unor structuri special proiectate, avînd ca scop alimentarea în bune condiţii a consumatorilor.

Modelul acestei structuri, împreună cu legăturile funcţionale dintre elementele acesteia şi cu legile care guvernează funcţionarea lor, a condus la conceptul de sistem electroenergetic.

Din punct de vedere istoric, sistemele electroenergetice au parcurs etapele de mecanizare şi de automatizare şi se poate spune că în prezent, odată cu dezvoltarea tehnicii computerelor, se pune problema etapei cibernetizării.

Cibernetizarea nu este un scop în sine; această etapă apare ca necesară din cauza amplorii şi complexităţii la care au ajuns sistemele electroenergetice; se ştie că efectele unei instabilităţi, de moment sau de durată, sînt deosebit de grave atît din punct de vedere economic, cît şi social, aşa cum s-a constatat, de exemplu, în cazul celor două avarii de mari proporţii din Statele Unite ale Americii, celor din alte ţări, ca şi în cazul avariei în sistem care a avut loc în ţara noastră în anul 1977.

Automatizarea, în sistemele electroenergetice, a ajuns la un nivel de tehnicitate şi de perfecţionare care nu poate fi contestat. Cu toate acestea, practica arată că automatizarea reuşeşte din ce în ce mai greu să rezolve problemele tehnice complexe care se pun astăzi în sistemele electroenergetice vaste. Condiţionările reciproce dintre subsistemele de producere (inclusiv producerea combinată de energie electrică şi căldură), de transport şi distribuţie şi de utilizare nu mai pot fi rezolvate numai prin mijloacele de automatizare cunoscute.

*

Experienţa acumulată prin practica proiectării şi a exploatării a contribuit într-o oarecare măsură la constituirea noii ştiinţe denumite „ştiinţa sistemelor".

*) Dr. ing. Eugeniu Pavel este şef de serviciu în cadrul Direcţiei tehnice din Ministerul Energiei Electrice.

Această disciplină, relativ nouă, şi-a găsit sursele în diferite activităţi omeneşti, atunci cînd s-a constatat că informaţiile acumulate asupra unor elemete disparate nu permit înţelegerea funcţionării sistemului complex din care acestea fac parte. De exemplu, în 1930, Ludwig von Bertalanffy propunea o nouă concepţie asupra organizării fiinţelor vii, concepţie numită de el „organismică", dar care conţinea ideile fundamentale ale actualei teorii a sistemelor. În paralel, dezvoltarea tehnică şi ştiinţifică, conceptele ciberneticii, complexitatea organizării economice şi sociale au pus problema elaborării unei „ştiinţe de sistem", capabilă să formalizeze funcţionarea diferitelor sisteme dintr-un punct de vedere general şi unitar. Astfel a luat naştere, la mijocul secolului nostru, „teoria sistemelor", ale cărei elemente de bază îşi au originea în teoria informaţiilor, teoria automatelor, teoria reglajului, teoria sistemelor electrice liniare şi neliniare etc. (Zadeh, L.A. şi Desoer, Ch. A. *Linear System Theory*, Ed. Wiley, 1953).

O contribuţie importantă la construirea bazelor acestei ştiinţe a avut-o Shannon C. E. („*A Mathematical Theory of Communication*", publicată în „Bell System Technical Journal" — 1948), Wiener Norbert („*Cibernetica*" — lucrare tradusă de Editura ştiinţifică în 1966) şi mulţi alţii. Desigur, nu putem trece peste contribuţia românească, foarte importantă, la profilarea şi conturarea acestei discipline, cum este aceea a profesorului Cornel Penescu, care a încercat şi a reuşit să întocmească o lucrare de bază, deosebit de valoroasă, despre ştiinţa sistemelor (vezi lista bibliografică). De asemenea Edmond Nicolau, Mariana Beliş, Dan Teodorescu (fără ca lista să fie exhaustivă) sînt nume cunoscute în ţară şi peste hotare, prin lucrările de valoare care contribuie la îmbogăţirea acestei noi ştiinţe cu legi şi cu metode proprii.

Cunoaşterea acestei discipline a teoriei sistemelor şi a limbajului matematic adecvat are avantajul formării unei „gîndiri sistemice", care permite analizarea fenomenelor din punctul de vedere al interdependenţei lor, al legăturilor complexe dintre cauze şi efecte, dintre scop şi mijloace.

În proiectarea şi exploatarea sistemelor electroenergetice trebuie avute în vedere legile şi metodele ştiinţei sistemelor care, îmbogăţindu-se consistent din practica celorlalte activităţi, au caracter stimulativ creator.

Studiul mecanismului comunicării şi transmiterii informaţiilor, al logicii maşinilor, al memoriei, al deciziei, al previziunii şi al acţiunii, cu scopul realizării unor structuri compatibile cu obectivele urmărite în proiectarea sistemelor electroenergetice, formează ceea ce s-a denumit în titlul comunicării „gîndirea sistemică". Această gîndire stimulează activitatea creatoare şi conduce la concretizarea unor soluţii mai adecvate scopului în rezolvarea problemelor deosebit de complexe pe care inginerul energetician le are de rezolvat.

II. Conceptul de „sistem electroenergetic" se defineşte ca model al realizării unui ansamblu funcţional conceput de om în scopul producerii, transmiterii, distribuirii şi utilizării energiei electrice. Deoarece funcţionalitatea sistemelor electroenergetice urmăreşte unele scopuri precis determinate, acestea trebuie să aibă şi o organizare *decizională*, care, în etapele de mecanizare şi de automatizare, se realizează prin intermediul oamenilor ca operatori (dispeceri) organizaţi ca atare în „trepte" organizatorice de dispecer.

În acest sens, conceptul de sistem cuprinde şi organizarea dispecerilor şi se caracterizează ca sistem cu autoconducere. Cibernetizarea va avea ca rezultat trecerea ponderii activităţii decizionale de la oameni la maşini. Evident prin aceasta înţelegem că activitatea „purmecanică" decizională va fi preluată de calculatoare, dar elaborarea criteriilor, care constituie actul de gîndire propriu-zis, revine programatorului, creierului uman. Cibernetizarea reprezintă o etapă superioară în organizarea sistemelor.

După cum se ştie, sistemele electroenergetice fac parte din categoria sistemelor dinamice la care variabila independentă esenţială este timpul. Timpul este o variabilă ordonată şi aparţine unui spaţiu topologic unidimensional.

$$t \in T \subset R^1$$

Această mărime este în esenţă pozitivă. În anumite probleme se poate face o abstractizare convenţională, luînd şi valori negative (în funcţie de alegerea originii).

Celelalte mărimi care caracterizează lanţurile de cauze şi efecte din interiorul sistemului sînt dependente de timp. La graniţele sistemului putem distinge de asemenea grupe de mărimi „cauze", care se denumesc *variabile de intrare*, şi grupe de mărimi „efecte", care se numesc *variabile de ieşire*. Din punct de vedere topologic, mulţimile variabilelor de intrare şi de ieşire fac parte din spaţii multidimensionale reale. Funcţiile de timp asociate variabilelor de intrare sînt complet independente. În schimb, funcţiile de timp asociate variabilelor de ieşire sînt dependente atît de variabilele de intrare cît şi de structura sistemului.

O parte din structura unui sistem, cu o funcţionabilitate bine determinată, constituie un subsistem; în acest sens, un element reprezintă un subsistem elementar, adică cel mai mic subsistem din cadrul sistemului.

Considerînd sistemul în ansamblu, şi notînd cu u mulţimea variabilelor reale asociate mări-

milor de intrare și cu y mulțimea variabilelor reale asociate mărimilor de ieșire, avem :

$$u \in U \subset R^r$$

$$y \in Y \subset R^q$$

în care R^r și R^q sînt spații topologice r-dimensionale și, respectiv, q-dimensionale *reale*.

În cazul sistemelor electroenergetice, aceste mărimi sînt :

— pentru „intrare", mărimile caracteristice la bornele receptoarelor, ca, de exemplu, puterea activă (P_r), puterea reactivă (Q_r), tensiunea (valoare eficace V_r și faza α_r) ;

— pentru „ieșire", mărimile caracteristice la bornele generatoarelor (P_g, Q_g, V_g, α_g, E_g, β_g.)

La acestea se mai pot adăuga și caracteristici mecanice ale grupurilor rotative (generatoare sau receptoare).

Spațiile în care variabila timp este asociată componentelor mărimilor ce aparțin spațiului se numesc *spații de stare*. Astfel, R^r și R^q sînt spații de stare.

Dacă se consideră timpul ca o coordonată spațială separată, atunci

$$(t,u) \in T \cup U \subset R^{r+1}$$

$$(t, y) \in T \cup Y \subset R^{q+1}$$

Spațiile R^{r+1} și R^{q+1} se numesc *de fază*. Spațiul de fază este un spațiu real cu o coordonată obligată : timpul.

Dacă notăm :

$$u = \omega(t)$$

$$y = \gamma(t)$$

colecțiile de hiperpuncte u și y vor determina în spațiile topologice respective traiectorii. Dacă R^r și R^q sînt spații vectoriale, traiectoriile sînt hodografe.

În spațiul R^r traiectoriile sînt impuse, iar în spațiul R^q traiectoriile sînt obținute sau „produse".

Caracterizarea analitică a sistemului presupune cunoașterea funcțiilor γ dacă sînt date funcțiile ω pentru un interval de timp de observare $t \in (t_0, t_f)$; de aici apare necesară cunoașterea implicației $u \to y$ pentru oricare $t > t_0$. În acest sens caracterizarea analitică presupune dependența : $\gamma = f_{s\alpha}(\omega)$ și cunoașterea completă a funcțiilor $f_{s\alpha}$.

III. Proprietățile generale ale sistemelor se regăsesc și în sistemele electroenergetice.

Se știe că aceste proprietăți sînt de două feluri :

— informaționale (externe) ;

— structurale (interne).

Proprietățile informaționale sînt legate de natura mărimilor de intrare (u) și a celor de ieșire (y).

Ele sînt externe sistemului, nu depind de structură, dar sînt implicate ($u \to y$) prin structură.

Din această categorie de proprietăți fac parte :

— netrivialitatea intrării, sau, cu alte cuvinte, existența cel puțin a unei funcții de timp de intrare

$$\frac{du}{dt} \neq 0$$

— concatenaritatea intrărilor, prin care înțelegem că intrările date prin segmente în raport cu timpul sînt „înlănțuite" printr-o aplicație unică ;

— netrivialitatea ieșirii, prin care se înțelege că grupele de mărimi de intrare nu trebuie să fie identice cu cele de la ieșire. În acest caz noțiunea de sistem nu ar fi justificată.

Proprietățile structurale se referă la structura internă, astfel :

— accesibilitatea, prin care se înțelege că sistemul trebuie să fie finit din punctul de vedere al numărului de intrări și de ieșiri. De asemenea sistemul trebuie să aibă cel puțin o intrare și o ieșire (monoaccesibilitate și, implicit, monovariabilitate) ;

— observabilitatea, prin care se înțelege proprietatea de a se deduce cel puțin o variabilă internă x convenabil aleasă care să fie „observabilă". O asemenea variabilă se numește „variabilă de stare" și în general face parte tot dintr-un spațiu topologic finit dimensional.

De exemplu, în cazul sistemelor electroenergetice se poate alege ca grupă de variabile de stare grupa tensiunilor de la bornele generatoarelor. Variabila de stare trebuie să satisfacă simultan perechea de implicații :

$$u(t) \to x(t)$$

$$y(t) \rightarrowtail x(t)$$

pentru $(t_j, t_i) \in T$.

Rezultă următoarele relații care definesc implicațiile :

$$x(t) = \varphi(t\,;\, t_0,\, x,\, \omega)$$

$$y(t) = \eta[t\,;\, x(t)]$$

Variabila de stare este univoc determinată pentru φ dat, dacă se cunoaște starea inițială.

Funcția φ se numește *„funcție de tranziție a stărilor"*, iar funcția η *„funcție de tranziție a ieșirilor"*.

— Controlabilitatea este proprietatea unui sistem de a determina o reacţie, cu alte cuvinte o variaţie la ieşire, cînd există o cauză, deci o variaţie la intrare.

— Sensibilitatea este o consecinţă a proprietăţii de controlabilitate.

Un sistem este total sensibil dacă o variaţie infinit mică a variabilei de intrare, pe una sau mai multe din componentele sale, determină o variaţie infinit mică a variabilei de stare pe una sau mai multe componente.

— Stabilitatea este o proprietate foarte importantă a unui sistem, care, fiind deranjat dintr-o stare de echilibru staţionar, revine, după dispariţia cauzei care a produs această deranjare, la aceeaşi stare de echilibru. Sistemul va fi „stabil liber" dacă pentru un timp oricît de mare variabila de stare revine la valoarea corespunzătoare stării iniţiale, după dsipariţia cauzei perturbării.

— Adaptabilitatea este proprietatea prin care un sistem, care are proprietăţile arătate mai sus, poate fi adus să satisfacă unele condiţii suplimentare, în general impuse. De exemplu, în cazul sistemelor electroenergetice, menţinerea frecvenţei la o valoare constantă este o condiţie de adaptare. Adaptarea se poate realiza fie prin modificarea funcţiilor de intrare şi păstrarea funcţiilor de tranziţie a stărilor, în care caz structura rămîne neschimbată, fie prin păstrarea variabilelor de intrare şi schimbarea funcţiei de tranziţie a stărilor, cu alte cuvinte prin modificarea structurii. Deci sistemul este adaptabil dacă se poate evidenţia, în interiorul său, o variabilă z la care este posibilă o variaţie impusă $z = \delta(t)$.

Variabila z se numeşte „de adaptare", iar funcţia δ se numeşte criteriu (funcţie) de adaptare.

— Finitatea, prin care se înţelege că spaţiile U, Y şi X sînt finit dimensionale.

— Compozabilitatea, prin care se înţelege posibilitatea ca oricare sistem să fie descompozabil în mai multe subsisteme, cu condiţia ca numărul de intrări şi de ieşiri să fie mai mare ca 1.

— Structurabilitatea, prin care se înţelege că existenţa structurii condiţionează existenţa sistemului.

Sistemele electroenergetice sînt „cu structură închisă". Se ştie că din această categorie fac parte sistemele care au cel puţin un subsistem elementar la care variabilele de intrare sînt influenţate de variabilele de ieşire.

De asemenea, în sistemele electroenergetice există subsisteme cu reacţie şi subsisteme automate, ca, de exemplu, instalaţiile motoare — generatoare cu regulatoare de viteză şi regulatoare de tensiune, transformatoare cu regulatoare de tensiune etc. În multe probleme de analiză a sistemelor electroenergetice, în special la examinarea stabilităţii, este necesară extinderea graniţelor şi includerea în model a caracteristicilor instalaţiilor din centralele electrice : cazanele şi instalaţiile anexe din centralele termoelectrice, sistemul hidrotehnic la centralele hidroelectrice.

Introducerea tehnicii calculatoarelor electronice în conducerea centralelor electrice şi a sistemelor electroenergetice a dat posibilitatea aplicării proprietăţilor şi principiilor sistemelor adaptive optimale. În cazul folosirii calculatoarelor „off line", acestea asigură funcţiile de reacţie, de informaţie şi chiar de interpretare decizională, în stările cvasistaţionare, dar comanda mărimilor de ieşire se dă prin intermediul omului.

În acest scop este organizat sistemul de conducere prin dispecer, cu personal care are atribuţii de „comenzi operative" şi „competenţe"

Tendinţa în conducerea sistemelor electroenergetice este aceea de a cupla calculatoarele la sistemul de bază şi deci de a realiza un sistem complet, cu structură închisă cu adaptare optimală. La sistemele electroenergetice, adaptarea optimală se referă la introducerea criteriului minimizării consumului de energie (ca mărime de ieşire) pentru un consum determinat de energie electrică la receptoare (ca mărime de intrare). Acest criteriu poate fi exprimat printr-o funcţie de optimizare şi o serie de funcţii de restricţii, dependente, pe de o parte, de structura sistemului (restricţii de capacitate sau de siguranţă), pe de altă parte — de politica determinată de disponibilităţile surselor de energie primară.

IV. În tratarea „sistemică" a problemelor sistemelor electroenergetice trebuie să se ţină seama de legile generale ale teoriei sistemelor. Astfel, orice decizie va fi mai bună — în sensul satisfacerii obiectivelor — dacă aceasta se bazează pe observarea evoluţiei mărimilor pe o durată cît mai mare şi în orice caz pînă în momentul cînd decizia trebuie luată.

Decizia trebuie luată nu numai pe baza cunoaşterii cauzelor, ci şi pe baza efectelor.

Orice sistem — cu organizare superioară — este conceput astfel încît să fie capabil să-şi satisfacă autonom condiţiile de funcţionalitate, cu condiţia ca, în lanţurile de cauze şi efecte, cauzele să nu depăşească anumite limite de valori şi de durată. În cazul în care apare depăşirea temporară sau permanentă a limitelor uneia sau mai multor cauze, sistemul intră în instabilitate, iar fenomenul, reflectat prin efecte, se numeşte „*criză*". În practica exploatării sistemelor electroenergetice se folosesc pentru acest concept termeni de „stare de insucces", „incident", „avarie".

Starea de instabilitate caracterizează situaţia unui sistem care, în urma unei crize, nu-şi mai poate recăpăta condiţiile de funcţionalitate „niciodată" (sau, convenţional, într-un timp „prea lung").

Sistemul poate face față crizei dacă poate lua o decizie care să combată efectele ei. Dacă decizia nu poate fi luată, fie din cauză că nu există nici o posibilitate, fie din cauză că organizarea sistemului este făcută astfel încît o asemenea decizie nu intră în „competența" sistemului, sistemul intră în instabilitate.

În unele cazuri, instabilitatea poate fi anulată, printr-o decizie care să determine o altă criză ulterioară primei crize, care să aibă efect anulant asupra acesteia. O criză provocată în scop de stabilizare a unui sistem se mai numește și „*șoc*". Un exemplu de criză provocată, în sistemele electroenergetice, este folosirea excitației forțate la generatoarele electrice, pentru menținerea stabilității sistemului în urma unor scurtcircuite accidentale.

Studiul regimurilor sistemelor electroenergetice se poate efectua cu ajutorul modelării matematice. Se știe că sistemul de ecuații care descrie un sistem dinamic *simplu* are forma matricială :

$$\dot{x} = Ax + Bu$$
$$Y = Cx$$

în care x este matricea coloană (vectorul) mărimilor de stare, u — vectorul mărimilor de intrare și y — vectorul mărimilor de ieșire. Matricea A este matricea coeficienților, B — matricea de comandă și C — matricea de ieșire. Sistemele electroenergetice sînt descrise și prin ecuații cu ordin mai înalt.

Sistemul de ecuații prezentat mai sus scoate în evidență importanța vitezei de variație a mărimii de stare și, prin implicațiile acesteia, importanța vitezei de variație în timp a mărimilor de intrare și de ieșire.

Din acest punct de vedere, analiza regimurilor se poate face ținînd seama de fenomenele reale, în funcție de vitezele de variație ale mărimilor și implicit de duratele fenomenelor. Astfel distingem :

— fenomenele tranzitorii de scurtă durată (de ordinul secundelor) (short term), cauzate în general de scurtcircuite, variații bruște de sarcină etc., care tind să producă instabilitate dinamică ;

— fenomenele tranzitorii de lungă durată (long term), care apar în special ca o consecință a fenomenelor tranzitorii de scurtă durată și care se caracterizează prin oscilații lente, tinzînd să producă instabilitate statică ;

— fenomene staționare la care vitezele de variație ale mărimilor de intrare, de ieșire și de stare sînt practic nule. (Pentru sistemele în curent alternativ, regimurile sînt cvasistaționare).

Această clasificare a fenomenelor care trebuie analizate indică și posibilitățile de formalizare matematică prin modele de ecuații adecvate.

Grupul de ecuații trebuie să fie „cît mai complet" pentru analiza fenomenelor tranzitorii de scurtă durată. Totuși, în acest caz se neglijează fenomenele subsistemelor din centralele electrice constituite din instalațiile de transformare a energiei primare în energie electrică (circuitele de apă și abur, instalațiile de cazane, instalațiile hidrotehnice), deoarece constantele de timp ale acestora sînt simțitor mai mari decît cele ale circuitelor electrice, ceea ce are ca urmare anularea practică a termenilor respectivi din ecuații. Fenomenele tranzitorii de lungă durată pot fi examinate cu ajutorul unor ecuații mai simplificate, în care sînt neglijate derivate de ordin superior, în schimb intervenția instalațiilor termomecanice și hidromecanice nu mai poate fi neglijată.

Regimurile staționare pot fi analizate cu ajutorul ecuațiilor algebrice simple, prin neglijarea oricăror termeni diferențiali. În acest caz, evident, ecuațiile sistemului (scrise mai sus) devin :

$$O = Ax + Bu$$
$$y = Cx$$

În sistemele electroenergetice actuale, mecanismul deciziei este realizat prin intermediul operatorilor-oameni. Cu alte cuvinte, sistemul electroenergetic este cuplat cu un grup de biosisteme care, pe baza programelor prestabilite, acționează pentru asigurarea funcționalității în condițiile restrictive predeterminate. Valoarea creatoare a creierului omenesc este indiscutabilă și indispensabilă pentru conceperea și asigurarea funcționalității oricărui sistem realizat de om. Dar valoarea omului ca biosistem este limitată în comparație cu calculatoarele create de el, atît din punctul de vedere al capacității memoriei operative cît și din punctul de vedere al vitezei de acționare. Chiar în regimuri staționare se constată că numărul componentelor mărimilor de intrare, de ieșire și de stare este foarte mare, și asigurarea funcționalității sistemului implică o memorie operativă de mare capacitate. În cazul regimurilor tranzitorii, biosistemul om este handicapat de limitarea vitezei naturale de decizie. Încă de multă vreme acest handicap a fost depășit prin introducerea aparatajului de automatizare și de protecție prin relee. Complexitatea crescîndă a sistemelor electroenergetice a creat probleme noi, prin condiționări suplimentare.

De exemplu, în unele dintre nodurile sistemelor electroenergetice, în special la cele la care sînt legate generatoare cu putere mare și linii de înaltă tensiune cu lungimi mari, asigurarea stabilității este multicondiționată de puterile limită admisibile din punctul de vedere al stabilității prin liniile de transport, de puterile grupurilor și de capacitatea de variație în timp a acestora, de capacitățile liniilor „slabe" legate

la nod etc. Declanşarea accidentală a uneia dintre liniile de transport poate conduce în aceste cazuri la declanşări succesive şi la celelalte linii legate la nod, cu urmări privind extinderea instabilităţii pe zone mai mari ale sistemului. În asemenea situaţii complexe, automatizările şi protecţiile prin relee, chiar cele cu funcţii sofisticate, devin incapabile pentru rezolvarea crizei.

În funcţionarea sistemului în ansamblu, luarea deciziei în cazurile accidentale de avarii trebuie să fie bazată pe cunoaşterea unui mare număr de mărimi şi pe o viteză mare a mecanismului de decizie.

Se impune, astfel, folosirea calculatorului, care, din punctul de vedere al memoriei operative şi al vitezei de lucru, este superior biosistemelor.

V. În concluzie, autorul acestei comunicări a căutat să sublinieze cîteva aspecte ale ştiinţei sistemelor, în corelaţie cu problemele sistemelor electroenergetice, încercînd să scoată în evidenţă faptul că „gîndirea sistemică", bazată pe cunoaşterea legilor şi metodelor generale ale acestei noi discipline, ajută la rezolvarea mai completă a problemelor de proiectare, la uşurarea realizării conceptuale a schemelor instalaţiilor, ţinînd seama de interdependenţa lor, de eliminarea unor dificultăţi de analiză, şi ca urmare la optimizarea unor decizii tehnice şi economice.

Bibliografie

[1] Pavel, E. *Elemente de analiză modernă a sistemelor electroenergetice interconectate.* Editura tehnică, Bucureşti, 1978.

[2] Angelini, A. *L'évolution de la transmission de l'énergie électrique et l'environnement.* Rapport C.I.G.R.E., Paris, 1974.

[3] Ursu, I. *Energia atomică.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1973.

[4] Beliş, M. *Mecanismele inteligenţei.* Editura ştiinţifică şi enciclopedică, Bucureşti, 1978.

[5] Teodorescu, D. *Ingineria biosistemelor.* Editura Facla, Timişoara, 1978.

[6] Penescu, C. *Sisteme.* Editura tehnică, Bucureşti, 1975.

[7] Katz, E. *Creier uman şi creier artificial.* Editura ştiinţifică şi enciclopedică, Bucureşti, 1977.

Problema repartiţiei optime a puterilor ţinînd seama de caracterul aleatoriu al caracteristicilor

Conf. dr. ing. **T. Mielescu**
şi asist. ing. **G. Bazaeliu***)

1. Zona acoperită în planul caracteristicii de consum a instalaţiei electroenergetice de punctele corespunzătoare determinărilor experimentale este mărginită de două caracteristici extreme, între care se află *caracteristica medie* corespunzătoare funcţionării în anumite condiţii prestabilite. Abaterile de la această caracteristică se datoresc variaţiilor următorilor factori: temperatura apei de răcire la intrarea în condensator, umiditatea, conţinutul de cenuşă şi zgură al cărbunelui, starea cazanului şi a turbinei.

Studiile au arătat că abaterile în jurul caracteristicii medii pot ajunge pînă la 6 ... 7%.

Presupunînd că repartiţia optimă a puterii active între instalaţiile electroenergetice se face folosind caracteristicile medii de consum şi de creşteri relative, se pun două întrebări:

a) care este variaţia consumului real de combustibil datorată abaterilor de la caracteristicile medii, în condiţiile repartiţiei optime după aceste caracteristici;

b) cu cît *creşte* consumul real de combustibil în cazul repartiţiei optime după caracteristicile medii, în comparaţie cu consumul de combustibil care s-ar realiza dacă repartiţia optimă ar fi făcută după caracteristicile reale.

A doua întrebare presupune demonstrarea următoarei afirmaţii:

Consumul de combustibil corespunzător repartiţiei optime după caracteristicile medii este mai mare sau cel puţin egal cu consumul de combustibil corespunzător repartiţiei optime după caracteristicile reale.

Elementele acestei demonstraţii sînt următoarele:

Consumul minim de combustibil corespunde repartiţiei unei puteri între instalaţii după principiul creşterilor relative egale.

Repartiţia optimă, după caracteristicile de creşteri relative medii, duce la o repartiţie a puterii diferită de cea corespunzătoare caracteristicilor de creşteri relative reale.

În consecinţă, consumul de combustibil corespunzător repartiţiei optime după caracteristicile de creşteri relative medii este mai mare decît consumul de combustibil corespunzător repartiţiei optime după caracteristicile de creşteri relative reale.

Raţionamentul de mai sus poate fi urmărit în figura 1.

2. Numim *consum real de combustibil*, B_r, consumul de combustibil care se obţine în cazul repartiţiei optime după caracteristicile medii de creşteri relative.

Numim *consum teoretic de combustibil*, B_t, consumul de combustibil care s-ar obţine în cazul

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul politehnic Bucureşti.

repartiției optime făcută după caracteristicile reale de creșteri relative.

Diferența dintre consumul real și consumul teoretic o numim *consum suplimentar*, B_s.

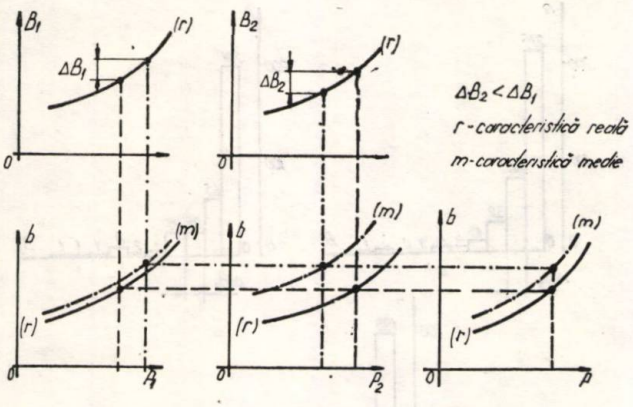


Fig. 1

Pentru cercetarea celor expuse la paragraful 1 se consideră cazul unei centrale echipată cu trei grupuri. Caracteristicile medii de consum orar de combustibil ale grupurilor au fost considerate ca fiind formate din două segmente de parabolă de ecuații

$$\bar{B}_i(P_i) = \begin{cases} a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \ \text{[Gcal/h]} \\ \text{pentru } P_i \in [P_{min,i};\ P_{ec,i}] \\ d_i P_i^2 + e_i P_i + f_i \ \text{[Gcal/h]} \\ \text{pentru } P_i \in [P_{ec,i};\ P_{max,i}] \end{cases}$$

$i = 1, 2, \ldots, n$; n = numărul de grupuri

Valorile parametrilor caracteristicilor de consum orar de combustibil ale grupurilor sînt date în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. grup i	1	2	3
a_i	0,0078125	0,0039063	0,0003255
b_i	1,0625000	1,2812500	1,5052080
c_i	51,1	53,5	82,5
d_i	0,0136719	0,0208333	0,0052083
e_i	0,21875	−1,15625	0,0989583
f_i	81,375	141,25	183,75
$P_{min,i}$ [MW]	40	40	80
$P_{ec,i}$ [MW]	72	72	144
$P_{max,i}$ [MW]	120	120	240

Caracteristicile medii de creșteri relative $\bar{b}_i(P_i)$, rezultate prin derivarea caracteristicilor de consum, vor fi formate din două segmente de dreaptă și vor fi continue în punctul $P_{ec,i}$.

Pentru centrala considerată s-au calculat :

a) valorile consumurilor reale și teoretice de combustibil și repartițiile acestora ;

b) valorile consumului suplimentar de combustibil și repartiția acestuia.

Calculele au fost făcute pentru un număr de cinci paliere de putere $P_{c1} = 160$ MW, $P_{c2} = 240$ MW, $P_{c3} = 320$ MW, $P_{c4} = 400$ MW și $P_{c5} = 480$ MW, acoperind astfel întreg domeniul puterii disponibile al centralei. Caracteristicile de consum și cele de creșteri relative au fost considerate ca variabile aleatorii avînd o repartiție normală (gaussiană) caracterizată prin coeficient de variație :

$$v_B = \frac{\sigma_{iB}}{\bar{B}_i(P_i)} = 0{,}02\,; \qquad v_b = \frac{\sigma_{ib}}{\bar{b}_i(P_i)} = 0{,}02$$

astfel încît abaterile în jurul caracteristicilor medii să fie de 6%. Simularea caracteristicilor reale de consum și de creștere relativă a consumului s-a făcut prin metoda Monte-Carlo.

Algoritmul de calcul este următorul :

(1) Se generează o serie de n numere aleatorii uniform repartizate pe intervalul [0 ; 1], U_i ; $i = 1, 2, \ldots, n$.

(2) Se transformă numerele aleatorii uniform repartizate în numere aleatorii normale (gaussiene) cu valoare medie zero și abatere medie pătratică 1, N_i (0 ; 1) ; $i = 1, 2, \ldots, n$.

(3) Se obțin numere aleatorii normale cu valoare 1 și abatere medie pătratică 0,02 prin transformarea :

$$N_i(1\,;\,0,02) = 0{,}02 \times N(0\,;\,1) + 1.$$

(4) Se calculează repartiția optimă în funcție de $\bar{b}_i(P_i)$ și rezultă puterile P_{ri} ; $i = 1, 2, \ldots, n$.

(5) Cu ajutorul puterilor P_{ri} se calculează consumurile reale de combustibil : $B_{ri} = N_i(1\,;\,0{,}02) \times \bar{B}_i(P_{ri})$ și consumul real al centralei $B_r = \sum_{i=1}^{n} B_{ri}$.

(6) Se calculează repartiția optimă în funcție de caracteristicile reale de creșteri relative $b_{ri}(P_i)$; $b_{ri}(P_i) = N_i(1\,;\ 0{,}02) \times \bar{b}_i(P_i)$ și rezultă puterile P_{ti} ; $i = 1, 2, \ldots, n$.

(7) Se calculează consumul teoretic de combustibil : $B_{ti} = N_i(1\,;\,0{,}02)\,\bar{B}_i \times (P_{ti})$ și consumul teoretic al centralei $B_t = \sum_{i=1}^{n} B_{ti}$.

(8) Se calculează consumul suplimentar : $B_s = B_r - B_t$.

Calculele cuprinse între pașii (1) — (8) se efectuează de un număr de ori care să permită o interpretare statistică a rezultatelor obținute. S-au efectuat un număr de 333 de calcule pentru fiecare palier al curbei de sarcină.

3. În figurile 2 *a* — *e* sînt date histogramele consumurilor reale de combustibil pentru cele cinci valori ale puterii, iar în figurile 3 *a* — *c* histogramele consumului suplimentar de combustibil.

În tabelul 2 sînt trecute mărimile calculate pentru aprecierea statistică a rezultatelor.

Pentru histogramele prezentate s-a calculat intervalul de grupare cu formula lui Sturges:

$$\Delta B = \frac{B_{max} - B_{min}}{1 + 3{,}322 \lg (\text{nr. de date})}$$

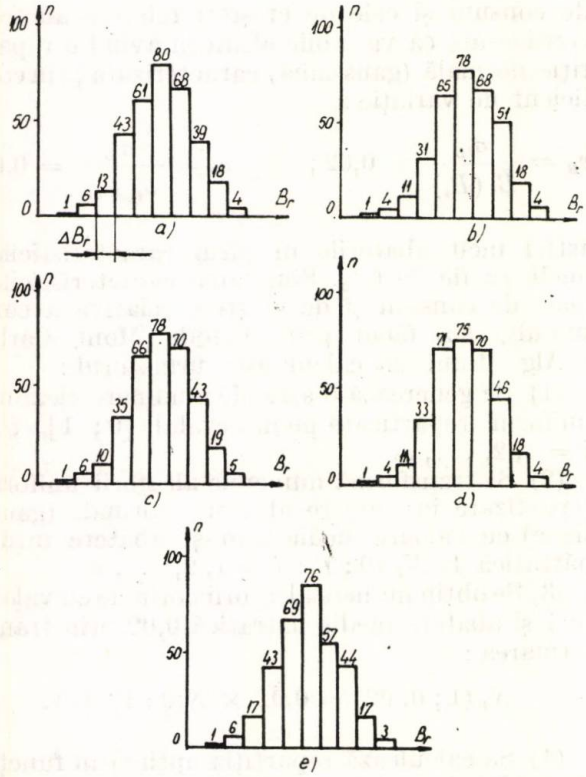


Fig. 2. Histogramele consumurilor reale de combustibil. a) P_{c1}=160 MW; b) P_{c2}=240 MW; c) P_{c3}=320 MW; d) P_{c4}= =400 MW; e) P_{c5}=480 MW; n—reprezintă frecvența absolută.

Tabelul 2

Consumul, Gcal/h \ Puterea, MW	160	240	320	400	480
$B_{r\ min}$	403,507	522,124	662,147	832,018	1067,620
$B_{r\ med}$	421,790	548,788	694,505	873,569	1114,063
$B_{r\ max}$	434,653	566,124	716,168	901,129	1140,506
ΔB_r	3,321	4,691	5,759	7,324	8,520
$B_{s\ min}$	0	0	0	0	0
$B_{s\ med}$	0	0,0750	0,1010	0,1190	0
$B_{s\ max}$	0	0,6850	0,7300	0,9160	0
ΔB_s	0	0,073	0,078	0,098	0
σB_r	5,416	7,600	9,328	11,800	14,028
σB_s	0	0,0996	0,1188	0,1370	0

4. Din analiza valorilor obținute se observă că consumul suplimentar datorat caracterului aleatoriu al caracteristicilor de consum și do

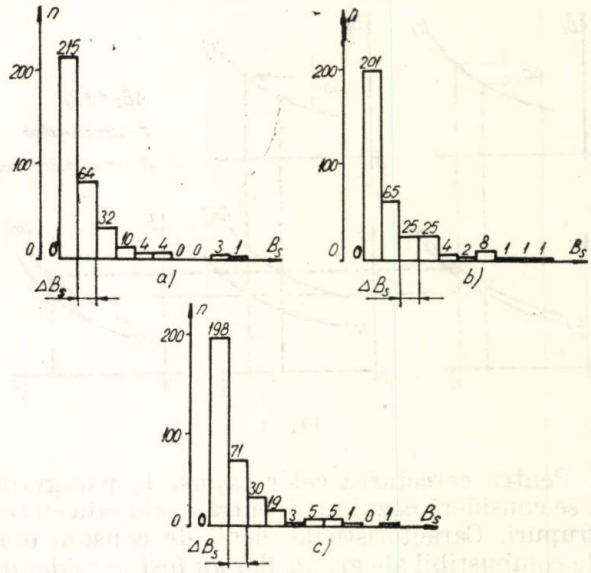


Fig. 3 Histogramele consumului suplimentar de combustibil. *a*) P_{c2} = 240 MW; *b*) P_{c3} = 320 MW; *c*) P_{c4} = 400 MW.

creșteri relative ale consumului este foarte mic, având valori procentuale de cel mult 0,1% din consumul real mediu.

Dacă se calculează valorile consumului specific real de conbustibil, se obțin valorile din tabelul 3.

Tabelul 3

P_c	$b_{sp\ min}$	$b_{sp\ med}$	$b_{sp\ max}$	$\sigma_{b\ sp}$	V_{bsp}
MW	gc.c/kWh				%
160	360	377	388	4,57	1,22
240	310	326	337	4,04	1,24
320	296	310	320	4,17	1,35
400	297	312	322	4,22	1,36
480	318	332	339	4,18	1,27

După cum se observă din tabelul 3, valorile consumului specific real de combustibil corespunzător repartiției optime se vor găsi într-un domeniu de circa ± 4% față de valoarea medie.

Unele aspecte privind influenţa centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj asupra sistemului energetic din R.S. România

Dr. ing. N. Armencoiu *)

1. Rolul şi dezvoltarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj

1.1. Elemente caracteristice ale CHEAP în comparaţie cu alte centrale electrice

Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj prezintă caracteristici specifice instalaţiilor destinate acoperirii părţii variabile a curbei de sarcină : pornire şi oprire în timp scurt, viteză mare de încărcare, randamente ridicate la sarcini parţiale.

Caracteristici asemănătoare sînt proprii şi centralelor hidroelectrice clasice (CHE), dar, faţă de acestea, CHEAP prezintă unele avantaje suplimentare :

— puterea reglantă cu care pot interveni în sistem este egală cu suma puterilor nominale ale turbinelor şi pompelor ;

— puterea CHEAP nu depinde de variaţiile de debit, ele putînd interveni oricînd cu puterea lor nominală ;

— CHEAP pot fi amplasate, mai uşor decît CHE, în apropierea centrelor de consum, avînd rol de centrale de rezervă de scurtă durată şi de intervenţie ;

— prin funcţionarea în regim de pompare în orele de sarcină minimă, îmbunătăţesc condiţiile tehnice şi economice de exploatare ale centralelor termo şi nuclearoelectrice.

Totodată CHE sînt confruntate în prezent cu două probleme importante :

— costul specific al CHE este din ce în ce mai ridicat, deoarece se apelează la amenajări din ce în ce mai scumpe ;

— creşterea în viitor a necesităţilor de apă impuse de dezvoltarea industrială, urbană şi agricolă, ceea ce limitează posibilităţile de utilizare a apei în scopuri pur energetice şi impune restricţii dificile de exploatare.

În aceste condiţii, forma modernă a disputei clasice între centralele hidro şi termolectrice este reprezentată de competiţia între CHEAP şi centralele cu turbine cu gaze (CTG).

Diferenţierile calitative între cele două tipuri de centrale sînt :

— amplasamentul CTG, spre deosebire de cel pentru CHEAP, nu depinde de condiţii topografice. CTG se pot realiza lîngă centrele de consum, evitînd transportul energiei electrice de vîrf pe distanţe lungi ;

— CTG consumă combustibil superior scump (hidrocarburi), în timp ce CHEAP pot consuma energie electrică produsă în centrale pe cărbuni. Consumul specific de combustibil al CTG se plasează în zona valorilor celor mai mari care ar putea fi realizate de CHEAP ;

— caracteristica energetică a CTG prezintă un consum de mers în gol ridicat, motiv pentru care nu apare indicat a funcţiona cu aceste instalaţii la sarcini parţiale. CHEAP sînt afectate într-o măsură mult mai mică, din punctul de vedere al consumului de combustibil, de funcţionarea la sarcini variabile. În plus, supleţea de funcţionare a CHEAP permite să se urmărească partea dantelată a curbei de sarcină şi să participe activ la reglajul frecvenţei ;

— fiabilitatea CHEAP este în general mai ridicată decît a CTG. Valoarea coeficientului mediu de disponibilitate al CHEAP, CTG clasice şi cu motoare reactive este foarte apropiată, dar, în schimb, probabilitatea de avariere a CHEAP este de 2 ... 3 ori mai mică decît a CTG.

1.2. *Condiţiile energetice actuale şi de perspectivă în dezvoltarea CHEAP*

Datorită avantajelor, CHEAP au apărut la un interval scurt după centralele hidroelectrice clasice, încă de la sfîrşitul secolului trecut, în Elveţia şi Italia, lucrări importante fiind realizate în anii '30 ai secolului nostru în R.F.G., S.U.A. şi Japonia.

După anul 1955, construcţia CHEAP a luat o amploare deosebită. În prezent, puterea CHEAP din Europa este de circa 5000 MW şi se prevede ca în anii 1980—1982 puterea lor să ajungă la 26 000 MW. În S.U.A. se prevede ca puterea acestor centrale să atingă 27 000 MW în 1980 şi 70 000 MW în 1990.

Dezvoltarea importantă a CHEAP în viitor este strîns legată de condiţiile calitativ noi ale dezvoltării energetice, şi anume :

— importanţa deosebită a economisirii energiei şi combustibililor în general şi a hidrocarburilor în special :

— creşterea mai rapidă a zonei variabile a curbelor de sarcină în comparaţie cu consumul total de energie electrică ;

— realizarea de mari centrale termoelectrice care utilizează cărbune inferior ;

— intervenţia mereu crescîndă a centralelor nuclearoelectrice în producţia de energie electrică ;

— epuizarea într-o perspectivă relativ apropiată a posibilităţilor de realizare de centrale hidroelectrice gravitaţionale ;

*) Dr. ing. Nicolae Armencoiu este directorul Institutului de studii şi proiectări energetice.

— restricțiile de exploatare care vor fi puse în viitor tot mai intens CHE, datorită creșterii importante a necesităților de apă ca urmare a dezvoltării industriale și urbane;

— situația conjuncturală pe plan mondial a prețului țițeiului și dificultatea prognozării prețului acestuia pe termen lung.

În țara noastră, politica științifică a partidului, de valorificare maximă a resurselor naturale ale țării, se manifestă pregnant și în domeniul energeticii. În măsură tot mai mare a crescut ponderea lignitilor și a energiei hidraulice în producția de energie electrică, ceea ce a permis valorificarea superioară a produselor petroliere și a gazelor naturale.

În Raportul la cel de-al XI-lea Congres al Partidului Comunist Român, tovarășul Nicolae Ceaușescu arăta: „Întregul spor de energie electrică în următorul cincinal se va realiza prin dezvoltarea centralelor hidroelectrice și a centralelor termoelectrice bazate pe cărbuni energetici din țară. Se va acționa în continuare cu fermitate în vederea folosirii rationale a surselor de energie primară și a energiei electrice. În același timp se va intensifica activitatea îndreptată spre utilizarea de noi surse energetice, se va trece la realizarea programului de dezvoltare a energiei nucleare".

Ritmul rapid de valorificare a resurselor hidroenergetice ale României face ca în 1985 cea mai mare parte a posibilităților de realizare de CHE de vîrf, cu mari lacuri de acumulare, să fie încheiată. Dezvoltarea marilor CTE pe lignit (Craiova, Rovinari, Turceni) sau pe șisturi bituminoase (Anina), precum și dezvoltarea centralelor nuclearoelectrice, care la nivelul anului 1990 vor reprezenta 20% din puterea instalată în centralele electrice, pune în mod deosebit de acut problema integrării CHEAP și funcționării acestora în ansamblu cu marile centrale termoelectrice și nuclearoelectrice.

Atît pentru CTE cît și pentru CNE este avantajoasă exploatarea la o durată mare de utilizare a puterii instalate.

O astfel de funcționare poate fi realizată economic prin integrarea și dezvoltarea în sistemul energetic a CHEAP.

Aspectele privind influențele reciproce sînt multiple [2], [3] și ele pot fi evidențiate prin analize individuale ale principalilor factori.

În cele ce urmează însă, problema integrării CHEAP în sistemul energetic este tratată global printr-un model matematic într-un cadru unic, apropiat condițiilor din țara noastră.

2. Analiza globală a integrării CHEAP în sistemul electroenergetic

2.1. *Modelul matematic*

Legăturile funcționale între diferitele categorii de centrale electrice în satisfacerea necesarului de putere și energie electrică au condus la tratarea ansamblului de centrale în cadrul unui model complex, în care pot fi formulate și aplicate restricțiile obiective, care acționează atît asupra fiecărei categorii de centrale, cît și asupra ansamblului, folosind programarea liniară [2].

Problema supusă rezolvării este următoarea:

Obținerea combinației optime de centrale electrice ca structură și ca mod de funcționare, în consecință implicit și a ansamblului CHEAP, CTE și CNE, care să conducă la optimul funcției de eficiență în condițiile satisfacerii necesităților și respectării restricțiilor.

Datele de intrare sînt:

— necesitățile de putere și energie electrică, precum și necesitățile de căldură asigurate din centralele de termoficare;

— forme de energie primară, obligate sau disponibile;

— evoluția centralelor electrice existente și a celor noi prevăzute ferm a fi realizate în etapele viitoare (centrale angajate, pentru care au fost luate decizii);

— date tehnice privind centralele existente și angajate (tipuri, puteri unitare, caracteristici energetice etc. ...);

— date economice (investiții specifice, cheltuieli de exploatare, costul combustibilului etc...);

— posibilități de realizare de noi centrale electrice (proiecte sau categorii de centrale posibile) cu datele tehnice și economice corespunzătoare.

Rezultatele care trebuie obținute sînt următoarele:

— care din proiectele (sau categoriile de centrale) posibile trebuie realizate în perioada examinată;

— cum trebuie să funcționeze centralele sistemului, în așa fel încît soluția să fie optimă.

2.2. *Analiza parametrică a optimizării ansamblurilor CHEAP, CTE și CNE în contextul structurii sistemului energetic din Republica Socialistă România*

2.2.1. Premise și ipoteze de calcul

Alegerea datelor de intrare a fost făcută în așa fel încît acestea să permită și obținerea unor concluzii în contextul situației actuale și de perspectivă a sistemului energetic din țara noastră, analizînd două etape de perspectivă.

Categoriile de centrale noi, reprezentate ca posibilități de realizare, au fost următoarele:

Specificaţie	Investiţia specifică a categoriei respective de centrale raportată la investiţia specifică a CTE clasice
— Centrale hidroelectrice de vîrf gravitaţionale	3,0
— Centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj	0,8
— Centrale cu turbine cu gaze cu echipament uşor (cu reactoare de avion)	0,6
— Centrale cu turbine cu gaze cu echipament greu (clasice)	0,7
— Centrale termoelectrice echipate cu blocuri cu abur manevrabile (cu pornire rapidă)	0,8
— Centrale termoelectrice de condensaţie echipate cu blocuri cu schemă termică perfecţionată	1,0
— Centrale nuclearoelectrice	2,0 ··· 4,00

Pentru centralele termoelectrice clasice echipate cu blocuri cu schemă termică perfecţionată, valoarea investiţiei specifice de referinţă 1,0 a fost considerată $i_c = 250$ \$/kW.

Parametrizările efectuate, în scopul evidenţierii dependenţei structurii optime faţă de acestea, se referă la următoarele date de bază :

— Investiţia specifică în CNE, prin raportul dintre investiţiile specifice $\frac{i_N}{i_c} = r$ prin valorile :

$$r = 2 ; 2{,}4 ; 2{,}8 ; 3{,}2 ; 3{,}6 ; 4{,}0 ;$$

— Preţul combustibilului clasic. Pentru acesta au fost considerate valorile :

$$c_c = 25 \text{ \$/t c.c.} ; 37{,}5 \text{ \$/t c.c.} ; 50 \text{ \$/t c.c.} ; 62{,}5 \text{ \$/t c.c.}$$

Valoarea de 50 \$/t c.c. reprezintă preţul păcurii pe piaţa mondială.

Limita inferioară considerată, deşi azi ne pare foarte scăzută, reprezintă preţul mondial al păcurii înainte de octombrie 1973 majorat cu 50%. Limita superioară reprezintă preţul actual majorat cu 25%.

— Componenta de cost a combustibilului nuclear în preţul energiei electrice produse de CNE. Pentru această componentă, care reflectă costul combustibilului nuclear, cheltuielile pentru prepararea combustibilului şi nivelul tehnologic al CNE, au fost considerate valorile :

$$p_N = 1 \text{ mills/kWh} ; 1{,}5 \text{ mills/kWh} ; 1{,}9 \text{ mills/kWh} ; 2{,}5 \text{ mills /kWh} ; 3 \text{ mills/kWh}$$

În selecţionarea datelor de mai sus s-au avut în vedere următoarele :

— componenta de 1,9 mills/kWh reprezintă o valoare caracteristică pentru reactoarele LWR, iar prognoze competente efectuate prevăd valoarea de 2,5 mills/kWh pentru anul 1981 ;

— componenta de 1 mills/kWh reprezintă practic valoarea minimă realizată la reactoare cu uraniu natural ;

— limita superioară considerată reprezintă preţul prezumat, pentru anul 1981, pentru reactoarele LWR, majorat cu 20%.

2.2.2. Rezultate obţinute şi interpretarea lor

Pentru rezolvarea problemei s-a utilizat modelul matematic cu dimensiunile de 457 necunoscute şi 490 restricţii, folosind un calculator electronic IRIS—50, utilizînd codul de programare OPALINE. Soluţia optimă a fost obţinută în 25 de minute. Reoptimizarea, prin parametrizări, conduce la durate mai scurte de 5 ... 10 minute.

În figura 1 sînt prezentate structurile optime rezultate pentru sporurile de puteri noi în etapele I şi II. Fiecare din aceste structuri (figurate sub forma a 36 diagrame) reprezintă soluţia optimă corespunzătoare condiţiilor referitoare la parametrizările efectuate privind valorile r, c_c şi P_N.

În figura 2 sînt prezentate domeniile de graniţă ale competenţei CNE şi CTE, respectiv CHEAP şi CTG, iar separat, în figura 3, sînt arătate domeniile de coincidenţă pentru combinaţiile de ansambluri CNE şi CHEAP, CTE şi CHEAP, CNE şi CTG, respectiv CTE şi CTG.

Din figurile menţionate se constată următoarele :

— Centralele de bază, termoelectrice şi nuclearoelectrice, apar totdeauna asociate cu centrale de vîrf, CHEAP sau CTG.

— Pentru sporurile de puteri „noi", atît în etapa I, cît şi din etapa II (selecţionarea puterilor „noi" fiind efectuată luînd în considerare centralele hidroelectrice şi cele de termoficare „angajate"), pentru valoarea raportului $r \leqslant 2{,}9$:

  — CHEAP asociate fie cu CTE, fie cu CNE, sînt mai avantajoase decît asocierea CTG cu centralele noi de bază pentru toate valorile parametrice analizate pentru c_c (25 ... ... 62,5 \$/t c.c.) şi pentru p_N(1 ... 3 mills/kWh) ;

  — în cadrul sporului de puteri „noi" aferent etapei I, cota de putere care rezultă optim a fi instalată în CHEAP este influenţată sensibil de variaţia preţului combustibiului clasic, c_c ;

  — pentru sporul de puteri „noi" aferent etapei II, cota de putere optimă în CHEAP este practic constantă, fără a se mai manifesta sensibil influenţa parametrului c_c.

Deoarece graniţa domeniului de economicitate a CHEAP este limitată superior de valori ale raportului $r \leqslant 2{,}9$, se poate conchide că CHEAP reprezintă soluţia cea mai potrivită de optimizare a ansamblurilor dotate cu mari CTE şi CNE.

Valoarea cotei de putere din sporul de puteri „noi" optim a fi instalată în CHEAP este prezentată în figura 4. Din această figură se constată că în condiţiile preţului combustibilului clasic

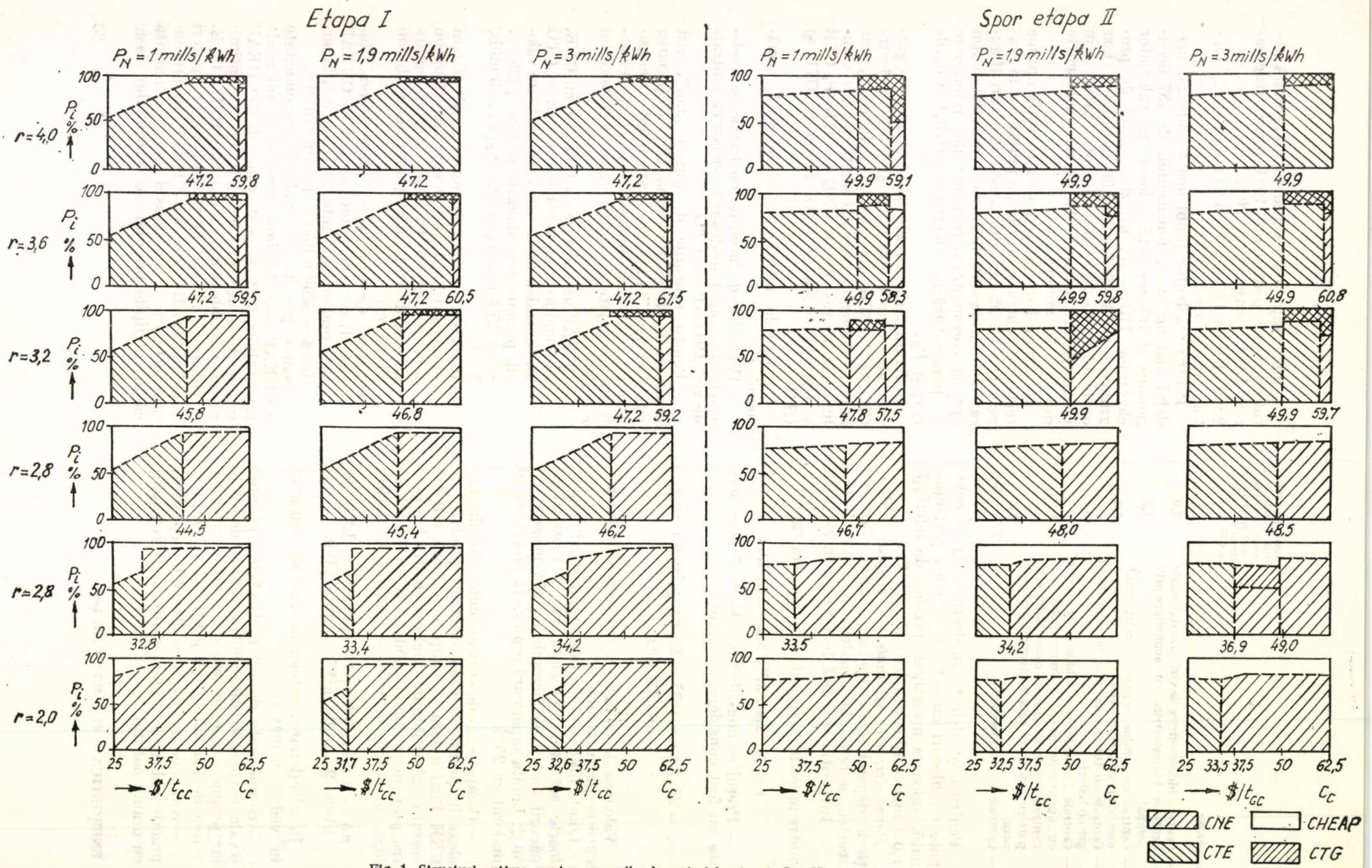


Fig. 1. Structuri optime pentru sporurile de puteri în etapele I şi II.

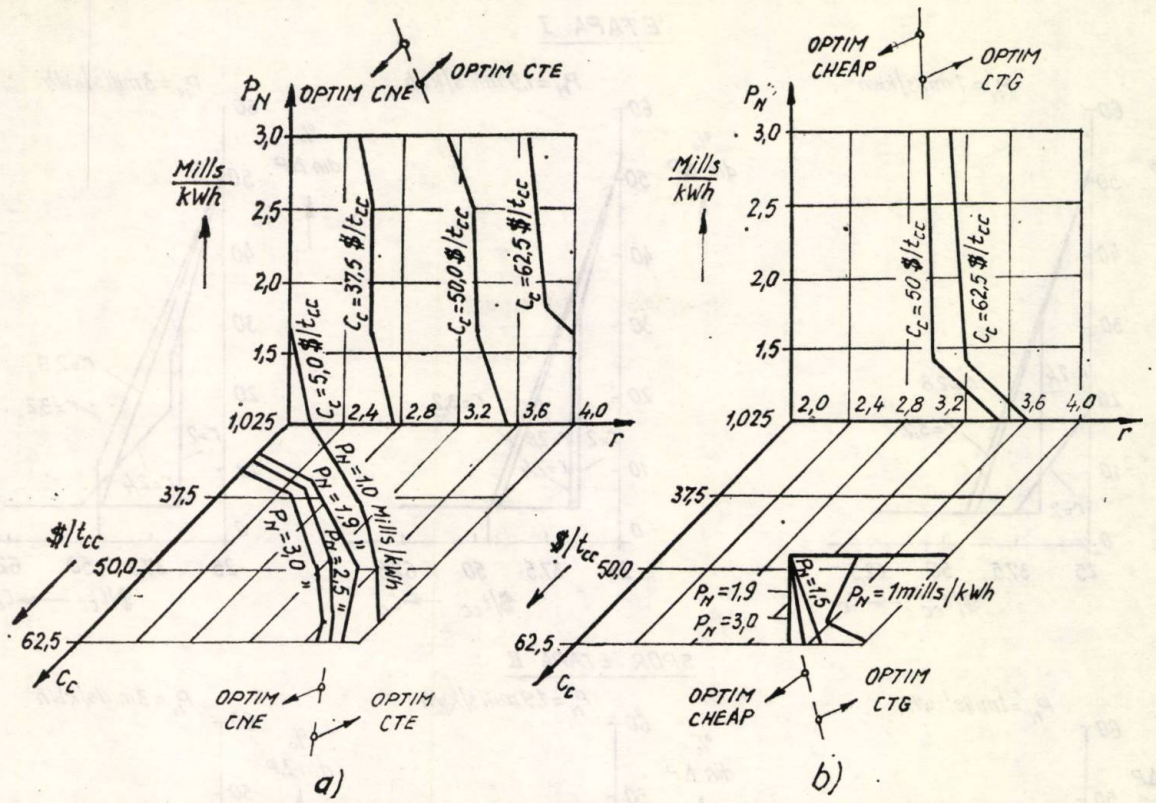


Fig. 2. Domeniile de graniță ale competiției CNE—CTE (*a*) și CHEAP—CTG (*b*) (etapele I și II).

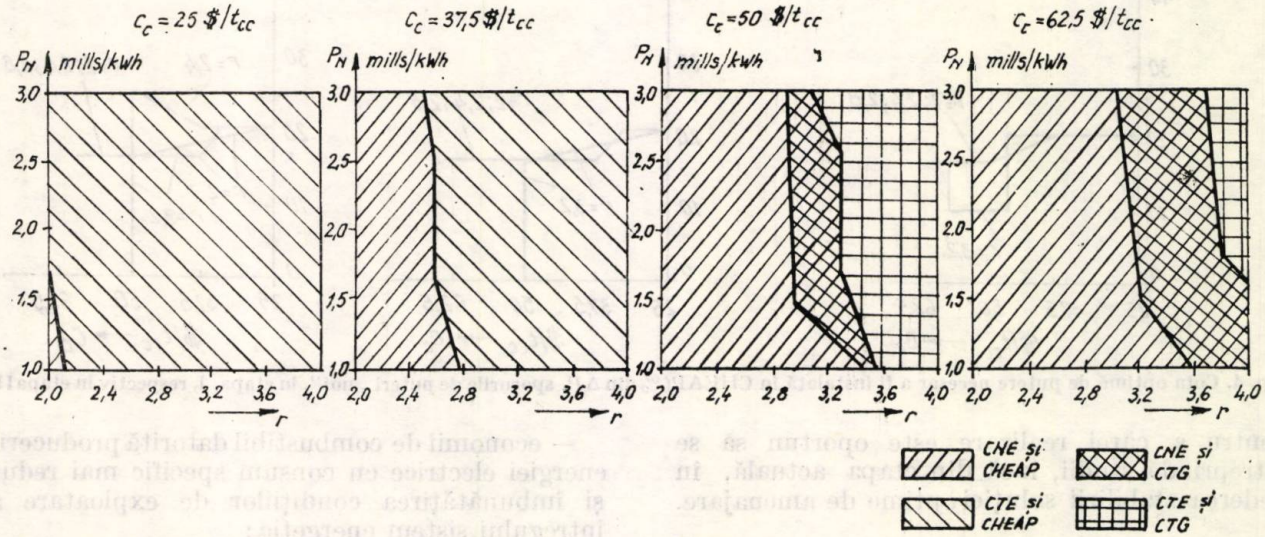


Fig. 3. Domeniile de coincidență pentru combinațiile de ansambluri CNE și CHEAP, CTE și CHEAP, CNE și CTG, respectiv CTE și CTG (etapele I și II).

$c_e \geq 37{,}5$ \$/tc.c. și pentru $r \leq 2{,}9$ (valori cu mare probabilitate de realizare în viitor) cota optimă de putere necesar a fi instalată în CHEAP (% din ΔP, sporul de putere în centralele noi) este :

— pentru sporul de putere din etapa I : 4,5%, reprezentînd o putere instalată în CHEAP de 100—120 MW ;

— pentru sporul de putere din etapa II : 17%, ceea ce reprezintă o putere instalată la finele etapei II de 800—1200 MW.

Dat fiind că producțiile de energie electrică considerate reprezintă valori de perspectivă pentru sistemul nostru energetic, se poate conchide că va fi necesar să se dispună de o putere instalată în CHEAP de circa 1000 MW,

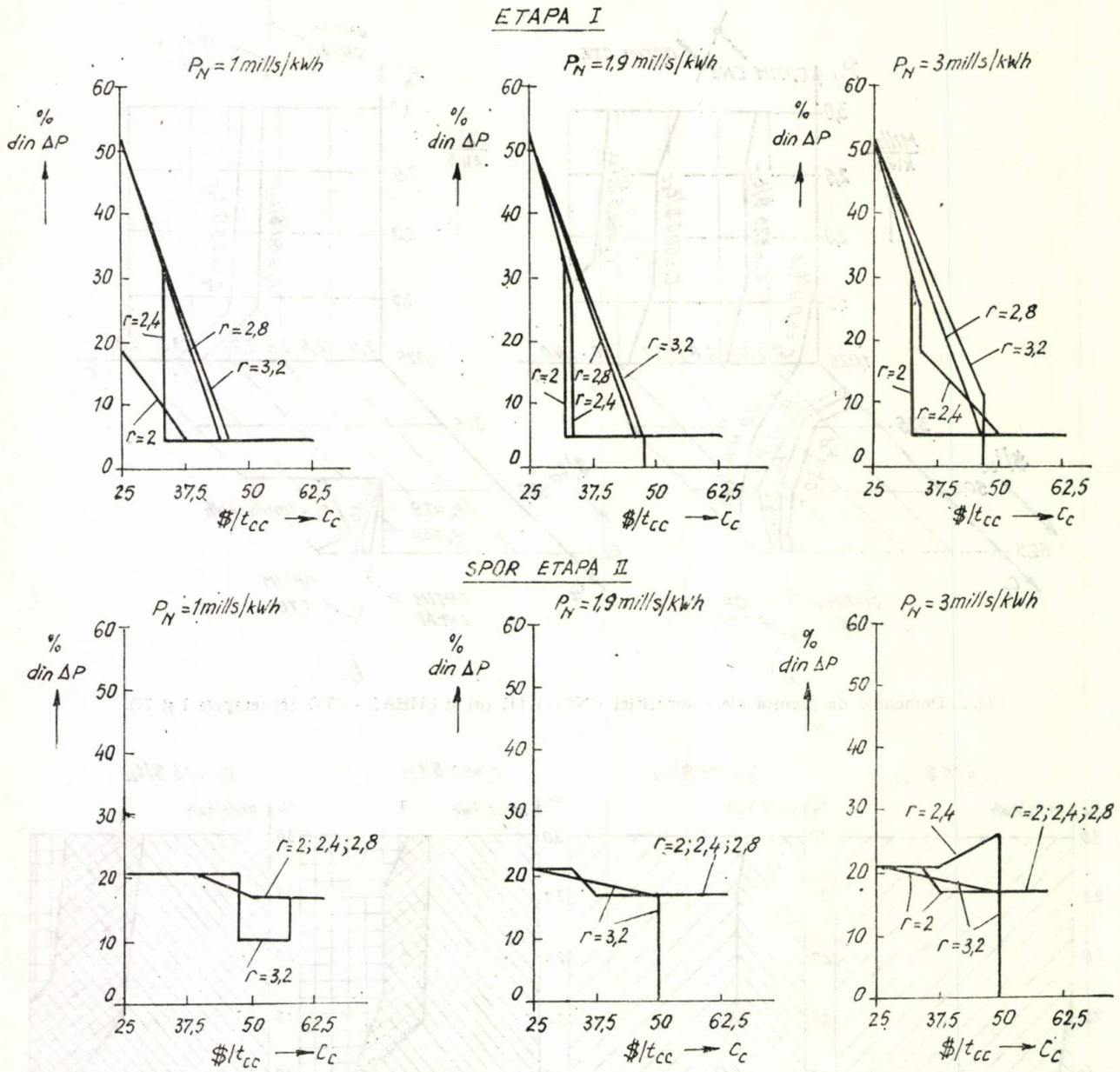


Fig. 4. Cota optimă de putere necesar a fi instalată în CHEAP(% din ΔP, sporurile de puteri „noi", în etapa, I, respectiv în etapa II)

pentru a cărei realizare este oportun să se întreprindă studii, încă din etapa actuală, în vederea stabilirii soluţiei optime de amenajare.

Concluzii

Condiţiile de dezvoltare actuale şi de perspectivă a energeticii — pe plan mondial cît şi în ţara noastră — favorizează realizarea de CHEAP.

Principalele influenţe ale CHEAP asupra sistemului energetic în ansamblu sînt :

—obţinerea unei eficienţe sporite în cadrul criteriilor economice complexe, ce ţin seama atît de investiţii cît şi de cheltuielile anuale de exploatare ;

— economii de combustibil datorită producerii energiei electrice cu consum specific mai redus şi îmbunătăţirea condiţiilor de exploatare a întregului sistem energetic ;

— economii de hidrocarburi, prin menţinerea încărcării centralelor pe lignit la un palier de putere ridicat, cît mai apropiat de sarcina optimă ;

— realizarea unei funcţionalităţi corespunzătoare posibilităţilor reale de exploatare pentru centralele nuclearoelectrice.

Din analiza parametrică efectuată rezultă că, în contextul structurii sistemului energetic din ţara noastră, apare oportun să se dispună în CHEAP în perspectivă de o putere instalată de circa 1000 MW, pentru care este nece-

sar să se întreprindă studii de detaliu, încă în etapa actuală, în vederea stabilirii soluției optime de amenajare.

Bibliografie

[1] Nicolae Ceaușescu. *Raport la cel de-al XI-lea Congres al Partidului Comunist Român.* Editura politică, București, 1974.

[2] Armencoiu, N. *Contribuții la optimizarea ansamblurilor de centrale termo și nuclearoelectrice de mare putere cu centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj.* Teză de doctorat, Institutul politehnic București, 1975.

[3] Armencoiu, N. *Unele aspecte privind influența CHE cu acumulare prin pompaj asupra siguranței sistemului energetic.* Raportul IV/II—12. Simpozionul „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", București, 13—14 octombrie 1977.

Concepte ierarhizate privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice

Ing. **Hermina Albert***)

Siguranța în alimentarea cu energie electrică a unui consumator, racordat la un nod al sistemului energetic, depinde atît de siguranța în funcționare a conexiunii proprii nodului, cît și de cea a legăturilor dintre nod și sursele de energie, de nivelul de siguranță realizat în producerea energiei electrice.

Sîntem conduși, în analiza siguranței unui nod, la o analiză a siguranței în funcționare pe trei niveluri:

— de sistem, în care consumul respectiv este inclus în totalul consumului pe sistem, considerat la o bară unică de consum pe care debitează totalitatea centralelor și prin care se realizează interconectarea cu sistemele energetice vecine;

— de zonă, în care consumatorul respectiv se consideră ca o sarcină de alimentat prin rețelele zonale de la sursele sistemului;

— local, în care consumatorul respectiv se consideră alimentat prin instalațiile proprii ale nodului la care este racordat.

Pentru consumatorul analizat, siguranța în funcționare va fi rezultatul tuturor acestora.

Siguranța în funcționare a nodului este caracterizată de indicatori numerici: probabilitatea de alimentare a consumatorului, numărul mediu și maxim al refuzurilor datorate deteriorărilor de utilaj și durata acestora, numărul mediu și maxim al refuzurilor carese elimină prin manevre.

Această ierarhizare a siguranței în funcționare trebuie urmărită atît în studiile de perspectivă cît și în conducerea operativă a instalațiilor energetice.

În studiile de perspectivă, siguranța la nivel de sistem în alimentarea consumatorilor este exprimată prin gradul de satisfacere a energiei cerute într-un timp dat [1], respectiv a puterii cerute.

Valoarea acestuia se determină prin calcule tehnico-economice comparative, efectuate pentru o curbă de sarcină dată, corespunzătoare unui nivel de risc optimizat, și mai multe structuri ale puterii instalate (la care corespund investiții și cheltuieli de exploatare diferențiate) cu considerarea daunelor la consumatori, în condiții de nealimentare.

Metoda de calcul pentru determinarea siguranței în funcționare a surselor este cea binomială. Programele de calcul elaborate în cadrul ISPE sînt VERBIC [2] și INTERCON [3].

Nivelul de risc acceptat în estimarea curbei de consum s-a stabilit de 0,05.

Gradul de satisfacere a energiei cerute, definit ca

$$G_E = \frac{E_{cerută} - E_{probabil\ nelivrată}}{E_{cerută}} [\%],$$

economic justificat la nivelul 1980—1985, este, pentru sistemul nostru, în condițiile funcționării interconectate, de 99,96.

Gradul de satisfacere a puterii maxime cerute, definit ca probabilitatea ca puterea efectiv utilizabilă să fie mai mare sau egală cu puterea maximă cerută, este, corespunzător, de 0,90—0,98.

Siguranța la *nivel de zonă* reprezintă în fapt *siguranța asociată*, de legătură a nodului prin care este alimentat consumatorul cu celelalte noduri ale sistemului. Aceasta depinde de: numărul, lungimea și capacitatea liniilor de legătură cu nodurile vecine; depărtarea electrică și capacitatea căilor de la sursele de alimentare la nod; importanța consumatorilor alimentați prin aceleași căi cu nodul considerat, ceea ce poate determina, în condițiile depășirii capacităților de transport, limitarea pe criteriu de prioritate a consumului din nodul analizat.

Metoda de calcul utilizată prevede modelarea funcționării instalațiilor prin procese stocastice de tip Markov cu timp continuu și probabilități de trecere staționare.

Stabilirea indicatorilor de siguranță asociată se face cu ajutorul programului SIRECOM [4], [5], care permite determinarea indicatorilor de siguranță în funcționarea rețelelor electrice complexe cu considerarea limitărilor în liniile de transport, a daunelor la consumatori și a repartiției optime a sarcinii pe centrale. Metoda de optimizare utilizată este programarea liniară. Criteriul de optimizare este minimul de cost al exploatării.

*) Hermina Albert este inginer proiectant principal I la ISPE.

Se determină indicatorii de siguranţă cu referire la nesatisfacerea diferitelor niveluri de putere cerută (10, 20 ... 100%), precum şi cauzele acestora (defecte de linii, generatoare, bare) pentru fiecare nod în parte. Se pot stabili şi indicatorii de siguranţă cu referire la alte funcţii ale nodului (de exemplu tranzit, evacuare a puterii).

Siguranţa asociată se determină pentru mai multe paliere de funcţionare a sistemului energetic.

În această determinare, o influenţă deosebită, în afara structurii reţelei, o are repartiţia sarcinii pe centrale şi condiţiile de siguranţă impuse de consumatorii din zonă.

Repartiţia sarcinii pe centrale poate schimba caracterul unui nod, care, din nod excedentar (de evacuare a puterii), poate deveni nod deficitar (consumator), sau cu rol de tranzit al puterii. De aceea, pe fiecare palier analizat, calculele de siguranţă sînt precedate de calcule de regimuri.

Calculele efectuate pe ansamblul reţelei de transport de 220 şi 400 kV a sistemului energetic al R.S.R. la nivelul anului 1980 au permis evidenţierea indicatorilor de siguranţă asociată pentru fiecare din căile de alimentare ale unui nod şi pentru ansamblul acestora.

În anexă se prezintă rezultatele acestor calcule pentru cîteva din nodurile din zona Moldova, pentru palierul corespunzător consumului maxim anual. Se dau indicatorii pe nod şi pentru fiecare din căile de legătură cu sursele.

Indicatorii cu referire la una din căile de alimentare sînt importanţi pentru aprecierea condiţiilor de siguranţă în funcţionare în cazul retragerii din exploatare a celorlalte. Calculele au evidenţiat variaţia în limite largi a siguranţei asociate în funcţie de palier. Evident că, dacă alimentarea unui nod se face la ora de vîrf de la o sursă (CHE) de care este legat printr-o linie directă, probabilitatea de întrerupere este cu mult mai mică decît în cazul alimentării în afara orelor de vîrf de la o sursă (CTE) îndepărtată, calea de alimentare trecînd şi printr-un număr de noduri consumatoare (3—5). În primul caz va fi importantă siguranţa la nivel local (siguranţa intrinsecă), în al doilea caz siguranţa asociată influenţează condiţiile de continuitate în alimentare în egală măsură cu cea intrinsecă.

Siguranţa asociată a nodului poate fi îmbunătăţită prin schimbarea structurii, prin realizarea unor automatizări de sistem, precum şi prin asigurarea unei supravegheri corespunzătoare a condiţiilor de funcţionare.

Automatizările de sistem pot realiza evitarea extinderii avariilor datorate lipsei generale de putere (prin DASf) sau în cazul pierderii stabilităţii. În nodurile care au centrale şi consumatori cuplaţi la barele acestora, continuitatea alimentării poate fi realizată prin insularizare. În cazul depăşirii capacităţii de transport a unor artere, deconectarea automată a unor consumatori (prin DASP) poate asigura menţinerea tranzitului spre alţi consumatori mai importanţi, menţinerea integrităţii SE.

Siguranţa de *nivel local* reprezintă, în fapt, siguranţa intrinsecă a nodului şi este mult influenţată de tipul conexiunii (bară simplă, bare duble cu sau fără bară de transfer, bare triple, poligon ş.a.), de numărul celulelor şi de lungimea liniilor racordate.

Metoda de calcul utilizată prevede modelarea funcţionării prin procese stocastice de tip Markov, cu timp continuu şi probabilităţi de trecere staţionare.

Stabilirea indicatorilor de siguranţă intrinsecă se face cu ajutorul programului SAFETY [5], care permite analiza siguranţei în funcţionare a unui sistem cu elemente în rezervă activă sau pasivă. Rezultatele obţinute, indicatori de siguranţă ai conexiunii, permit stabilirea parametrilor echivalenţi nodali care servesc la întocmirea schemei de calcul pentru siguranţa asociată.

Studii efectuate pentru reţeaua de 220 kV şi 400 kV a SE au permis evidenţierea unor aspecte interesante. Astfel, pentru o staţie de 400 kV sau 220 kV cu dublu sistem de bare colectoare, funcţionînd cu celule distribuite egal pe cele două bare :

— numărul mediu de căderi ale unei bare variază între 0,17—0,25 întreruperi/an dacă numărul celulelor variază între 4—8;

— numărul maxim de căderi (cu un risc de $1^0/_{00}$) ale unei bare variază între 1—3 întreruperi/an dacă numărul celulelor variază între 4—8.

În funcţie de lungimea totală a liniilor racordate la barele staţiei :

— numărul mediu de căderi ale unei bare variază între 0,19—0,45 întreruperi/an dacă lungimea liniilor variază între 300—700 km;

— numărul maxim de căderi ale unei bare (cu risc de $1^0/_{00}$) variază între 1,5—3 întreruperi/an dacă lungimea liniilor variază între 300—700 km.

Din analiza efectuată prin calcul şi confirmată de observaţiile statistice a rezultat importanţa tipului de conexiuni ales şi faptul că pentru schemele cu un număr redus de plecări schema poligonală conferă siguranţă maximă. Creşterea siguranţei intrinsece prin prezenţa barei de transfer, ţinînd seama de structura reţelelor respective, este mică la 400 kV şi cu totul neglijabilă la 220 kV dacă repararea întrerupătoarelor se face într-un interval de 8—40 ore. Dacă însă se realizează o schemă cu trei bare colectoare, din care una cu rol de transfer, prin calcul se obţine o creştere suplimentară a siguranţei intrinseci faţă de schema cu bare duble şi transfer.

În conducerea operativă a instalaţiilor, celor trei niveluri determinate pentru siguranţa în

alimentare a unui consumator le corespund nivelurile de dispecer energetic central (DEC), dispecer energetic teritorial (DET) şi dispeceri de distribuţie.

Asigurarea consumului pe ansamblul SE se realizează de către DEC prin stabilirea grupurilor în funcţiune, a regimurilor de funcţionare şi a configuraţiei reţelei de transport.

Nivelul corespunzător de siguranţă asociată este realizat de DET, prin stabilirea configuraţiei reţelelor de alimentare a nodului respectiv.

Nivelul corespunzător de siguranţă intrinsecă a nodului se obţine prin exploatarea corectă a conexiunii locale.

Determinarea nivelului de siguranţă pe termen scurt pe toate nivelurile ierarhice se face utilizînd funcţia de siguranţă [7].

ANEXĂ

INDICATORI NODALI DE SIGURANŢĂ ASOCIATĂ
STAŢII DE 400 kV şi de 220 kV
(valori exemplificative)

Staţia	Întreruperi totale				
	λ 10^{-8} s^{-1}	μ 10^{-8} s^{-1}	$\frac{N_{med}}{an}$	$\frac{N_{max}}{an}$	T. d. med. ore
Borzeşti 400 kV — sistem	0,31	3602	0,1	1	7,71
Braşov	12,4	1918	3,9	10	14,48
Borzeşti 400 kV					
Smîrdan	11,4	1706	3,6	10	16,28
Smîrdan 400 kV — sistem	0,32	3646	0,1	1	7,62
Borzeşti	8,6	1966	2,7	8	14,13
Smîrdan 400 kV					
Brăila	2,8	1247	0,9	4	22,28
Roznov	0,3	2999	0,1	1	9,26
Bicaz	3,5	2694	1,1	5	10,31
Roznov 220 kV					
Borzeşti	0,9	3100	0,3	2	8,96
Bicaz	0,3	2829	0,1	1	9,82
Luduş	3,2	2687	1	5	10,34
Bicaz 220 kV					
Borzeşti	1,6	2946	0,5	3	9,43

(continuare anexă)

Galaţi 220 kV	0,95	2974	0,3	2	9,34
Borzeşti	11,7	2100	3,7	10	13,23
Galaţi 220 kV					
Brăila	3,17	1297	1	5	21,41
Suceava	8,56	2007	2,7	8	13,84
Iaşi	0,95	3121	0,3	2	8,9
Borzeşti 220 kV	0,68	2869	0,2	2	9,68
Borzeşti 400 kV	2,53	522	0,8	4	53,24
Borzeşti 220 kV. I					
Galaţi 220 kV	11,4	1713	3,6	10	16,22
Borzeşti 400 kV	2,53	522	0,8	4	53,24
Borzeşti 220 kV II					
Bicaz	4,1	2789	1,3	5	9,96

Supravegherea funcţionării staţiilor, în special a celor cu multe plecări, este indicat să se facă automat, prin intermediul unui minicalculator de proces.

Prin acesta se poate realiza şi creşterea siguranţei intrinseci, prin cunoaşterea exactă a stării instalaţiilor, precum şi prin blocarea manevrelor greşite.

Supravegherea automată continuă permite alarmarea operatorului în timp util în cazul ieşirii din limitele admisibile ale principalilor parametri (tensiunea pe bare, încărcările pe elementele staţiei), ceea ce permite operatorului să acţioneze corect şi să evite pierderea integrală a funcţiunilor nodului (fie cea de injecţie, fie cea de tranzit). Teoretic, se poate realiza prin intermediul minicalculatorului de proces chiar reglarea automată a injecţiei în nod — prin telecomandă.

Studiul întocmit pentru cazul concret al nodului Bucureşti-Sud a evidenţiat faptul că minicalculatoarele de proces prevăzute a se asimila în ţară corespund cerinţelor tehnologice de supraveghere (eventual şi de comandă automată) a nodurilor de sistem. Rezultă că, o dată cu producerea în serie a calculatoarelor de proces în R.S.R., vor fi asigurate condiţiile tehnice pentru utilizarea acestora în scopul măririi siguranţei nodurilor.

Prin dotarea tehnică a comenzii operative a generării şi transportului (a Dispecerului energetic naţional) se va asigura supravegherea automată a ansambului SE şi, implicit, se va realiza o creştere a siguranţei pe SE şi asociate a nodurilor.

Pînă la dotarea tehnică corespunzătoare a unei supravegheri automate a nodurilor, pe baza unor studii de sistem cu considerarea

siguranței în funcționare, se pot întocmi instrucțiuni de exploatare prin care să se stabilească măsurile operative ce trebuie luate la ieșirea din limitele admisibile a unor parametri.

Trebuie însă subliniat că reușita acțiunii personalului depinde în mare măsură de viteza de desfășurare a fenomenelor, de faptul că are sau nu la dispoziție timpul necesar pentru luarea la cunoștință a evenimentelor, prelucrarea informațiilor primite și acționare.

În concluzie :

— siguranța alimentării unui consumator dintr-un nod al SE trebuie considerată ca rezultatul gradelor de siguranță pe trei niveluri ierarhice : de sistem, zonală-asociată, locală-intrinsecă ;

— metodele și programele de calcul existente permit determinarea indicatorilor numerici aferenți fiecărui nivel :

— ridicarea gradului de siguranță la un nivel trebuie realizată în corelare cu cel obținut la niveluri ierarhic superioare ; în caz contrar, investițiile aferente pot să nu apară justificate ;

— în ridicarea gradului de continuitate în alimentare, în afara aspectelor constructive, trebuie avute în vedere măsuri de conducere operativă și automată de sistem, care să realizeze creșterea siguranței în funcționare la fiecare nivel ierarhic.

Bibliografie

[1] * * * *Normativ privind elementele de calcul al siguranței în funcționarea instalațiilor energetice.* PE 013/73.

[2] Vîlcereanu, Gh. *Ghid de utilizare a programului VERABIC.* Centrul de calcul ISPE.

[3] Lup, L. și Vîlcereanu, Gh. *Ghid de utilizare a programului INTERCON.* Centrul de calcul ISPE.

[4] Nitu, V.I., Albert, H., Cîmpeanu, H. și Ionescu, S. *Power system reliability indicators. The method, algorithm, programme.* PSCC, Grenoble 1972, Paper 1.2/4.

[5] Albert, H. și Cîmpeanu, H. *Ghid de utilizare a programului SIRECOM.* Centrul de calcul ISPE.

[6] Albert, H. și Cîmpeanu, H. *Ghid de utilizare a programelor SAFETY și SAFETY — 64.* Centrul de calcul ISPE.

[7] Nitu, V., I., Petrescu, A. și Sevastru, A. *Metodă pentru evaluarea siguranței pe timp scurt pentru verificarea condițiilor de funcționare.* Al IV-lea Simpozion de siguranță, București, 1977.

Reconsiderarea inerției sistemului electroenergetic pentru predeterminarea oscilațiilor lente și a variațiilor de frecvență

Dr. ing. **L. Groza** *)

1. Considerații generale

Comportarea globală a unui sistem electroenergetic după o perturbație treaptă de putere activă se manifestă printr-o variație de frecvență a cărei alură depinde, în prima etapă, de inerția sistemului — cunoscută și sub numele de timpul de lansare. În etapele următoare intervin reglajele — de viteză în primul rînd, de frecvență, cazane etc., ca factori majori.

O reprezentare exactă a sistemului energetic și o examinare completă ar necesita un model care să cuprindă toate elementele : generatoare, sarcini cu și fără inerție, rețea, reglaje de toate categoriile, iar calculul variațiilor în timp (de la 1 secundă la ordinul zecilor de minute) ar necesita mijloace foarte oneroase de calcul.

De aceea s-a recurs la probe [3], [5], [13] sau la calcule pe modele reduse la echivalenți deduși pe baze mai mult sau mai puțin riguroase [2], [3], însă cu rezultate suficient de exacte în mare măsură.

O metodă mai puțin laborioasă este cea analitică [1], [8], [13], care, în numeroase cazuri, ca de exemplu studiul reglajului frecvență-putere, s-a dovedit suficient de exactă [1], [16], problema fiind considerată oarecum încheiată la nivelul anilor 1964—1965, reducîndu-se substanțial numărul probelor în sistemele electroenergetice, considerate costisitoare și de mare anvergură.

În cele ce urmează se arată bazele teoretice și experimentale ale formării echivalenților pentru calcule de predeterminare a inerției, factorii ce intervin în dispersia valorilor, motivele variației în diverse etape ale regimurilor, ale valorilor timpului de lansare sau inerției.

O problemă aparte o constituie posibilitatea de predeterminare a oscilațiilor lente, de ordinul 3—5—10 s, rezultate din condițiile naturale, fără influența reglajelor. Însăși configurația rețelei, redusă la cazul a două mașini, poate conferi posibilitatea calculului acestor oscilații pentru scheme simple. De la aceste calcule pot fi extinse din aproape în aproape fenomenele propagate în rețeaua mai extinsă, pentru fenomenele ce interesează. Se arată analogia cu metoda valorilor proprii.

În final se arată necesitatea de exactitate a determinării inerției în modelele de predeterminare a variațiilor lente, oscilațiilor, reglaje DAS de frecvență etc.

*) Dr. ing. Liviu Groza este director adjunct la ISPE.

2. Determinarea teoretică și experimentală a inerției pe baza variațiilor de frecvență

Se reamintesc bazele variațiilor de frecvență în sistemul energetic la variații bruște de putere activă.

Inerția sistemului se deduce din modele în rotație, după relația :

$$I = \frac{JW^2}{P},$$

în care JW^2 este dublul energiei cinetice a maselor în rotație, iar

P — puterea instalată.

De aici rezultă că, la determinarea prin încercări, timpul de lansare, dedus din inerție, este :

$$T = \frac{\Delta P}{\frac{df}{dt}} \cdot \frac{f_0}{P} \cong \Delta t \frac{\frac{\Delta P}{P}}{\frac{\Delta f}{f_0}},$$

în care ΔP este variația de putere activă, iar f_0 — frecvența inițială.

Masele în rotație sînt cuprinse în agregatele generatoare (generator+turbină+inerția apei la hidroagregate etc.), motoarele sincrone și motoarele asincrone. Pentru acestea din urmă, relațiile devin complicate, de unde și rezultatele foarte dispersate obținute prin încercări. Deducerea teoretică este deosebit de dificilă la scara unui sistem energetic.

Practic, după demonstrații făcute [1], [4], [13] analitic se poate compune :

$$T = T_G + T_S$$

T_G, pentru agregatele sincrone, se poate calcula din adunare.

T_S, pentru sarcină, depinde de sistem, compoziția sarcinii, regim etc. În literatură se dau valori cuprinse între 1 și 8 s. În sistemul nostru, după probe efectuate, s-au apreciat valori cuprinse între 1 și 4 s (uneori mai mari).

Pe baza relației de definire a T, se pot face discuții, arătîndu-se influențele variației de sarcină ΔP pentru diverse situații.

Datorită condițiilor din rețea unde se fac probele, s-a demonstrat [2], [3] că se pot introduce erori asupra lui T, ceea ce face ca în încercări să se determine un timp aparent (T_a) corespunzător unui ΔP_a aparent.

$$T_a(\Delta P_a) = \Delta P \frac{\Delta P_a/P}{\Delta f/f_0},$$

datorită variației inițiale a sarcinii cu tensiunea și oscilațiilor tensiunii în timpul fenomenului.

Se obțin astfel corecții și deci timpul real de lansare :

$$T_{real}\ (\Delta P_{real}).$$

S-a demonstrat teoretic [17] și practic [5] că aceste efecte perturbatoare pot fi reduse și chiar anihilate.

S-a arătat de asemenea că o altă sursă de eroare la măsurători poate fi saltul inițial al frecvenței.

Aplicațiile principale care se fac în acest domeniu sînt în primul rînd la stabilirea tranșelor de DAS la frecvență, fiind utilizate în modele de calcul mai mult sau mai puțin laborioase.

Astfel, modele simple în acest caz pot fi utilizate în calculul variațiilor de frecvență. Rețeaua electrică este reprezentată prin echivalenți globali.

Valorile obținute se utilizează în domeniile ce vor fi arătate.

3. Calcule pentru stabilirea tranșelor de DAS la frecvență

În calculele și programele ce se utilizează în acest scop [11], [15], [17], [19] se arată că există diverse metode, dintre care în mod curent se utilizează reprezentări simple și globale, pe echivalenți simplificați [11], [15].

Prin reprezentări mai complete [17], [19], introducînd reglaje și mergînd pînă la cele mai complete programe de fenomene dinamice, se obțin valori bineînțeles mai exacte, însă care în general nu modifică necesitatea de exactitate și efortul depus în acest scop.

Mai important este faptul ca în primul rînd inerția globală (pentru regimul inițial și apoi statismul general) (tranzitoriu și permanent) să fie introdusă cu valori cît mai apropiate de cele reale.

4. Oscilațiile lente

Cercetări recente [12], [2], [20] au arătat importanța determinării timpului de lansare pentru predeterminarea oscilațiilor lente.

Toate considerațiile pleacă de la ecuațiile de funcționare a sistemului energetic la perturbații bruște.

Cele două extremități ale modelului sînt :

a) Reducerea la echivalenți, pe modele reduse, pînă la două mașini. Cel mai simplu model ar fi de două mașini (motor-generator), reprezentînd un sistem debitor și altul receptor, legate printr-o reactanță. Aceasta este necesar să fie relativ mare, așa cum se întîmplă de obicei pentru o interconexiune a două sisteme relativ puternice. Reprezentarea mașinilor ar fi de ordinul 2 (două mărimi de stare). Calculul cel mai simplu ar fi pe baza condițiilor naturale, fără reglaje. Relații relativ simple pot determina fundamen-

tala, în care intervine cu ponderea cea mai mare inerţia sistemului — respectiv timpul global real de lansare, şi în al doilea rînd coeficienţii de tipul $K = dP/d\delta$, puterea sincronizată. Ele se bazează pe relaţii liniarizate.

b) Modele extrem de elaborate, cu detalierea reglajelor, dezvoltate în două direcţii principale :

— bazate pe analiza nodală [12], în care remarcăm, pentru frecvenţa de oscilaţie fundamentală, preponderenţa valorii inerţiei sistemului. Variaţiile fiind mici, modelele conţin liniarizări ;

— bazate pe modele de stabilitate dinamică, fără liniarizări, analizînd apoi oscilaţiile ca perioadă şi amplitudine.

Se demonstrează că toate relaţiile şi determinările prin calcule au aceeaşi bază. S-au făcut discuţii în legătură cu posibilitatea liniarizărilor, importanţa factorilor de amortizare, valabilitatea echivalenţilor respectivi etc.

5. Dinamica pe termen lung

Rezultatul unor preocupări privind importanţa inerţiei în calculele ce se fac cu ajutorul programelor care se testează pentru dinamicile pe termen lung a condus la concluzia că în inserarea analizelor dinamice dintre diverse regimuri stabilizate rezultatele sînt mult influenţate de valoarea acesteia.

Repartiţia în întreaga reţea a consecinţelor oscilaţiilor poate arăta, de exemplu, posibilitatea acţionării „false" a protecţiilor de impedanţă, în cazul unor avarii de sistem.

Confruntarea rezultatelor calculelor cu cele obţinute prin probe de sistem sau analize de avarie arată necesitatea determinării prealabile a inerţiei.

Concluzii

Prezentarea sintetică a rezultatelor obţinute pînă în prezent în ţară, comparate cu preocupări corespunzătoare din străinătate, a arătat că evoluţiile recente ale sistemelor electroenergetice (extinderea interconexiunilor, pericolele de apariţie a avariilor de sistem) scot în evidenţă importanţa determinării mai exacte a caracteristicilor globale ale acestora.

Inerţia sistemului, sau timpul global real de lansare, este o caracteristică generală, cuprinzînd toate masele în rotaţie. Se arată în lucrarea de faţă, cu referiri speciale la lucrări anterioare, că s-a adus o contribuţie importantă la determinarea mai exactă a acestora, recunoscută şi pe plan internaţional [14], [21].

Importanţa determinării mai exacte a inerţiei a rezultat în principal pentru următoarele categorii de probleme :

— Stabilirea variaţiilor de frecvenţă necesare programului de DAS la frecvenţă (împreună cu statismul general al reţelei).

— Modelarea reglajului frecvenţă-putere, prin modelul extins cu reţeaua electrică, considerînd în plus şi variaţiile de oscilaţii de putere activă şi reactivă.

— Predeterminarea oscilaţiilor periculoase de joasă frecvenţă în sistem, pentru alegerea posibilităţilor de amortizare şi evitarea funcţionării periculoase a protecţiilor de distanţă, printr-un reglaj corespunzător.

— Asigurarea condiţiilor de funcţionare în paralel a sistemelor mari interconectate.

Contribuţiile aduse în lucrare se referă la :

— Determinarea mai exactă, în funcţie de locul perturbaţiei, de regimul şi de condiţiile de sistem, a timpului de lansare.

— Posibilităţile determinării analitice a acestora prin stabilirea de relaţii simple, bazate pe elemente privind agregatele generatoare şi sarcinile rotative.

— Demonstrarea că diversele metode, începînd de la indicatorii simpli la modele complexe elaborate, au aceeaşi bază teoretică, elucidîndu-se punctele de vedere care au condus la exprimări sau rezultate diferite.

— Demonstrarea că se pot predetermina fenomenele de oscilaţii, în privinţa frecvenţei fundamentale, din condiţiile naturale de funcţionare a reţelelor, pe baza unor modele simple, ce se pot extinde după necesităţi.

Bibliografie

[1] Groza, L. *Alegerea metodei de determinare a parametrilor reţelei.* Simpozionul „Frecvenţă — putere", Secţia a 4-a a Comisiei de Energie CAER, rap. Sy. 26, Budapesta, 1963.

[2] Dimo, P. *O problemă de mare actualitate. Timpul de lansare şi constanta de inerţie a unui sistem electroenergetic văzute printr-un nod de frontieră.* În : Energetica — Supliment — vol. 2, 1977.

[3] Cahen, F., Robert, R. şi Favez, B. *Determinarea experimentală a timpului de lansare a unei reţele de distribuţie de energie electrică.* În : RGE, 65, nr. 10, oct. 1956.

[4] Groza, L. *Determinarea analitică a parametrilor sistemelor cerută de reglajul frecvenţă-putere.* În : Darea de seamă la a XX-a Sesiune CIGRE, vol. I, gr. 32, p. 798 — 799, Paris, iunie 1964.

[5] Dimo, P., Groza, L. şi Moraite, G. *Optimizarea condiţiilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei reţele.* CIGRE, rap. 314, 1961.

[6] Ashmole, H., Myerscough, C. I. şi Symons, O.C. *Măsurători şi simulări ale inerţiei sistemului.* P.S.C.C., Cambridge, Raport 3.3.1, 1975.

[7] Venikov, V. A. *Procese tranzitorii în sistemele electroenergetice,* (în l. rusă), Editura Mir. Moscova, 1977.

[8] Iofiev, B.I. *Automatica de prevenire a avariilor* (în l. rusă). Gosenergoizdat, Moscova, 1972.

[9] * * * *Calcule pentru studiul avariei de sistem.* ISPE, 1977.

[10] * * * *Metodă şi program pentru predeterminarea oscilaţiilor lente.* ICEMENERG, 1976, 1977.

[11] Chenzbraun, I. *Folosirea descărcării automate a sarcinii la scăderea frecvenţei (DASf) în sistemul energetic.* În : Energetica 18. nr. 4, 1970.

12] Arcidiacono, V., Ferrari, E., Marconato, R. şi Saccomanno, F. *Analiza factorilor ce influenţează amortizarea oscilaţiilor de joasă frecvenţă în reţelele cu mai multe maşini.* CIGRE, raport 32 — 19, 1976.

[13] Groza, L. *Formule practice pentru calcule de reţele cu referire specială la variaţiile de tensiune.* Buletinul IDT, seria E, nr. 27, Bucureşti, 1964.

[14] Magnien, M. *Concluziile raportului special privind caracteristicile frecvenţă-putere în sisteme.* Darea de seamă la a XX-a Sesiune CIGRE, vol. I, gr. 32, Paris, iunie 1964.

[15] Ungrad, G. *Îndrumar de proiectare pentru DAS de frecvenţă.* BBC, 1975.

[16] Groza, L. *Predeterminarea oscilaţiilor lente în reţele.* În: Darea de seamă la a XXVI-a Sesiune CIGRE, vol. I, gr. 32, Paris, 1976.

[17] Groza, L. *Extinderea modelelor de calcul de reglare frecvenţă-putere cu reprezentarea grafică a reţelelor.* Sesiunea de comunicări ştiinţifice ICEMENERG — ISPE — ISPH, noiembrie 1973.

[18] Groza, L. *Determinarea pantei caracteristice frecvenţă-putere a sistemului K prin metoda analitică, după informaţii.* Buletinul IDT, seria E, nr. 27, Bucureşti, 1964.

[19] Demello, P. şi Concordia, C. *Noţiuni privind stabilitatea maşinii sincrone, ţinînd seama de reglajul de oscilaţie.* În: PAS-88, nr. 4, 1969.

[20] Groza, L., Ionescu, S. şi Ivaşcu, C. *Analiza nodală pentru predeterminarea oscilaţiilor lente.* Simpozion IPB, 1974.

[21] Hammons, T. J. *A 5-a Conferinţă PSCC, Cambridge,* 1975. În: RGE, vol. 85, nr. 9, 1976, p. 723.

[22] Groza, L., Creţu, D., Zlatanovici, I. şi Kertesz, T. *Condiţiile anormale de funcţionare a marilor hidrogeneratoare.* CIGRE, raport 11 — 04, Paris, 1974.

[23] Dimo, P., Groza, L., Ionescu, S., Ungureanu B. şi Petcu, I. *Echivalenţi de reţele cu variate posibilităţi în sistemele interconectate.* CIGRE, raport 32 — 16, 1974.

[24] Pioger, R. şi Testud, G. *Studiul comportării dinamice pe timpi îndelungaţi. Aplicaţie la reglajul frecvenţă-putere.* În: Buletinul DER, EdF, Seria B, nr. 1, 1978, p. 5—60.

Folosirea indicatorilor de siguranţă asociată a nodurilor la determinarea strategiei optime de dezvoltare a reţelei de distribuţie de înaltă tensiune a I.R.E. IAŞI

prof. dr. ing. **A. Poeată**,
conf. dr. ing. **D. Ivas**,
ing. **N. Sufleţel** *)

Nodurile sistemului energetic sînt elemente care determină în mod direct performanţele acestui sistem. Datorită funcţiilor multiple pe care le au în cadrul sistemului, considerarea lor plenară în calculele de dezvoltare duce la modele dificile sau imposibil de rezolvat. Aceasta a făcut ca în ultima vreme fiabilitatea nodurilor să facă obiectul mai multor lucrări [1], [2], [3], [4].

Reţelele de distribuţie, fiind caracterizate prin lungimi mici ale liniilor şi implicit număr mare de noduri, vor avea cu atît mai mult performanţele influenţate direct de comportarea nodurilor.

În aceste reţele, nodurile au, pe de o parte, funcţii interne sistemului energetic, iar pe de altă parte sînt destinate să asigure legătura cu consumatorii.

Nodul considerat izolat, pentru a evidenţia funcţia sa de legătură între sistemul energetic şi consumatori, poate fi reprezentat ca în figura 1, unde $S_1 \ldots S_m$ sînt sursele nodului şi $C_1 \ldots C_n$ — consumatorii racordaţi în nod.

* Prof. dr. ing. Alexandru Poeată şi conf. dr. ing. Dumitru Ivas sînt cadre didactice la Institutul politehnic Iaşi, Facultatea de electrotehnică, Catedra de electroenergetică; Nicolae Sufleţel este inginer-şef la IRE Iaşi.

Dacă puterile disponibile ale fiecăreia din surse sînt cunoscute şi de asemenea se cunosc probabilităţile de succes corespunzătoare fiecărei surse, se poate calcula funcţia de probabilitate a puterilor disponibile în nod, reprezentată

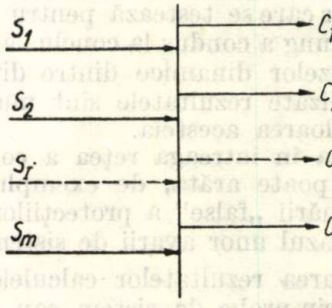


Fig. 1

în figura 2 pentru cazul a trei surse, cu indicarea valorilor puterilor disponibile, P_d, şi probabilităţilor de succes, P_s.

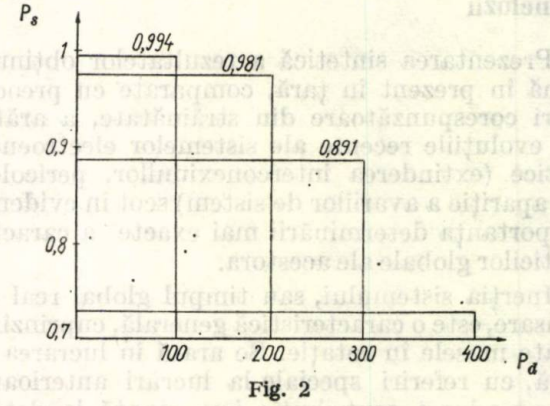


Fig. 2

Stările posibile ale surselor, probabilităţile acestora, precum şi puterile corespunzătoare disponibile în nod sînt date pentru cazul prezentat în tabelul 1, tabel care poate fi folosit pentru trasarea funcţiei de probabilitate a puterilor disponibile (fig. 2).

Tabelul 1

Starea	S_1	S_2	S_3	Probabilitatea	Puterea disponibilă	MVA
1	S	S	S	$P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 = 0{,}729$	$S_1+S_2+S_3=$	400
2	S	S	R	$P_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 = 0{,}081$		200
3	S	R	R	$P_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 = 0{,}081$		300
4	R	S	S	$Q_1 \cdot P_2 \cdot P_3 = 0{,}081$		300
5	S	R	R	$P_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 = 0{,}009$		100
6	R	S	R	$Q_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 = 0{,}009$		100
7	R	R	S	$Q_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 = 0{,}009$		200
8	R	R	R	$Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 = 0{,}001$		0

La trasarea acestei funcţii se poate ţine seama şi de indicatorii de siguranţă intrinsecă, dacă funcţia se trasează pe secţii de bare sau pe sisteme atunci cînd sursele se repartizează între acestea.

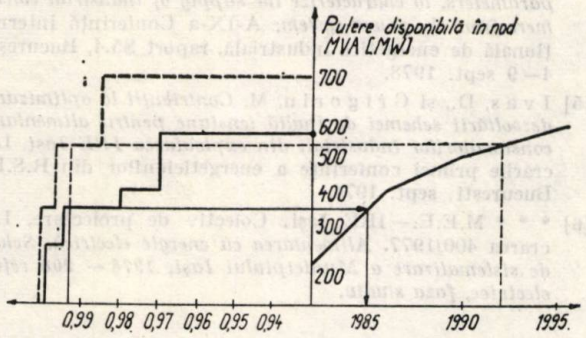


Fig. 3

Această funcţie, odată trasată, indică pentru varianta respectivă probabilitatea cu care este asigurată pe bară o anume putere disponibilă.

Comparînd această putere cu evoluţia în timp a consumului pe bară, ca în figura 3, va rezulta pentru varianta dată momentul în care consumul este asigurat cu o probabilitate limitată normată (de exemplu 0,999 sau 0,995), moment în care se impune următorul pas în dezvoltarea reţelei.

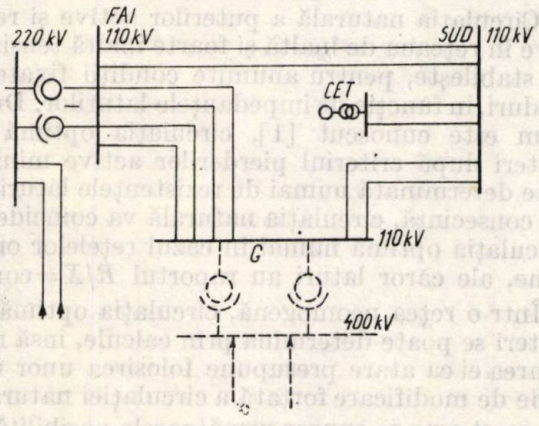


Fig. 4

Dacă în figura 3 se reprezintă simultan funcţiile de probabilitate a puterilor disponibile în nod pentru mai multe variante posibile ale structurii reţelei, analiza prezentată anterior va putea fi aplicată pentru stabilirea momentelor limită de trecere de la o variantă la alta.

Procedeul a fost aplicat pentru cele trei noduri de bază de 110 kV ale reţelei I.R.E. Iaşi, noduri prezentate simplificat în figura 4.

S-au considerat mai întîi nodurile individual şi apoi, pentru evidenţierea evoluţiei legăturilor reţelei IRE Iaşi cu sistemul, s-a considerat întreaga reţea printr-o bară de 110 kV comună.

Pentru ca rezultatele să aibă o valoare generală s-au considerat următoarele variante de alimentare a unei bare de 110 kV, variante pentru care s-au calculat diagrame ca cea din figura 2 :

Varianta 1 = 4 linii de 110 kV
Varianta 2 = 5 linii de 110 kV
Varianta 3 = 6 linii de 110 kV
Varianta 4 = 7 linii de 110 kV
Varianta 5 = 8 linii de 110 kV
Varianta 6 = 4 linii de 110 kV şi 1 AT 220/110 kV
Varianta 7 = 4 linii de 110 kV şi 2 AT 220/110 kV
Varainta 8 = 4 linii de 110 kV şi trafo 400/110 kV
Varianta 9 = 4 linii de 110 kV şi 2 trafo 400/110 kV
Varianta 10 = 6 linii de 110 kV şi 1 AT 220/110 kV
Varianta 11 = 6 linii de 110 kV şi 2 AT 220/110 kV
Varianta 12 = 6 linii de 110 kV şi 1 trafo 400/110 kV
Varianta 13 = 6 linii de 110 kV şi 2 trafo 400 /110 kV
Varianta 14 = 2 trafo 400/110 kV şi 2 AT 220 /110 kV

Tabelul 2

Varianta	Valoarea puteri la care $P_s = 0{,}999$	Anul în care această putere este atinsă conform prognozei		
		FAI	G	Sud
1	210	1995	1984	1981
2	280	1998	1987	1985
3	350	peste 2000	1995	1988
4	420	peste 2000	1999	1997
5	490	peste 2000	peste 2000	peste 2000
6	280	1998	1987	1985
7	280	1998	1987	1985
8	280	1998	1987	1985
9	280	1998	1987	1985
10	420	peste 2000	1999	1997
11	420	peste 2000	1999	1997
12	420	peste 2000	1999	1997
13	680	peste 2000	peste 2000	peste 2000
Total reţea				
14		1981		

Tabelul 3

Varianta	Valoarea puterii la care $P_s = 0{,}995$	Anul la care se atinge puterea în staţiile :		
		FAI	G	Sud
1	280	1998	1987	1985
2	350	peste 2000	1993	1988
3	420	peste 2000	1999	1997
4	490	peste 2000	peste 2000	peste 2000
5	560	peste 2000	peste 2000	peste 2000
6	280	1998	1987	1985
7	480	peste 2000	peste 2000	peste 2000
8	280	1998	1987	1985
9	680	peste 2000	peste 2000	peste 2000
10	420	peste 2000	1999	1997
11	620	peste 2000	peste 2000	peste 2000
12	410	peste 2000	1999	1997
13	810	peste 2000	peste 2000	peste 2000
Total reţea				
14		1987		

Analizînd reţeaua actuală în care sursele din cele trei staţii sînt :

FAI—2AT 220/110 + 4 linii de 110 kV
Sud — 4 linii 110 kV
— 4 linii 110 kV

şi considerînd că acestea pot fi încărcate după cum urmează :

— autotransformatoarele la puterea nominală ;
— liniile de 110 kV la 70 MVA (pentru a putea considera încărcările inegale ale liniilor de lungimi diferite ce funcţionează în paralel), s-au comparat, conform procedurii indicate în figura 3, funcţiile de probabilitate a puterilor disponibile cu dinamica consumului din G şi au rezultat termenele limită la care se impune următorul pas în dezvoltarea reţelei din punct de vedere al fiecărei staţii şi al întregii reţele.

Rezultatele sînt date în tabelul 2 pentru probabilitatea de 0,999 şi în tabelul 3 pentru probabilitatea 0,995.

Concluzii

Indicatorii de siguranţă asociată a nodurilor pot constitui criteriu de stabilire a momentelor limită pentru efectuarea paşilor în dezvoltarea reţelelor.

În reţeaua IRE Iaşi, staţia Sud este aceea care impune cel mai apropiat termen de dezvoltare a reţelei.

Bibliografie

[1] Nitu, V. *Fiabilitatea instalaţiilor energetice.* Ed. Acad. R.S.R., Bucureşti, 1971.

[2] Albert, H. *Aspecte privind siguranţa nodurilor de sistem.* Lucrările Simpozionului „Siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice" — Raportul IV/II—14, Bucureşti, 13—14 oct. 1977.

[3] Ivas, D. *Modell für die Bestimmung der Optimalstruktur der Knoten der Elektroenergieversorgungssystemen.* A IX-a Conferinţă internaţională de energetică industrială, raport S 4.2, Bucureşti, 4—9 sept. 1978.

[4] Albert, H. şi Mihăilescu, A. *Reliability nodal parameters, to characterize the supply of industrial consumers from the power system.* A-IX-a Conferinţă internaţională de energetică industrială, raport S5.4, Bucureşti, 4—9 sept. 1978.

[5] Ivas, D., şi Grigoriu, M. *Contribuţii la optimizarea dezvoltării schemei de înaltă tensiune pentru alimentarea consumatorilor industriali din exploatarea IRE Iaşi.* Lucrările primei conferinţe a energeticienilor din R.S.R., Bucureşti, sept. 1974.

[6] * * * M.E.E.—IRE Iaşi. Colectiv de proiectare, Lucrarea 400/1977. *Alimentarea cu energie electrică. Schiţa de sistematizare a Municipiului Iaşi, 1978 — 200 reţele electrice, faza studiu.*

Contribuţii la optimizarea schemei de funcţionare a unei reţele de distribuţie de înaltă tensiune

şef lucr. ing. **Virgil Alexandrescu**,
conf. dr. ing. **Nina Poeată**,
asist. ing. **Mircea Ilinca**,
prof. dr. ing. **A. Poeată**,
asist. ing. **Gh. Georgescu** *)

Reducerea pierderilor de energie în reţelele electrice de transport şi distribuţie constituie, în prezent, o direcţie prioritară de preocupări în domeniul proiectării şi exploatării sistemelor electroenergetice. Înscriindu-se pe această direcţie, lucrarea de faţă prezintă un algoritm şi programul de calcul corespunzător, elaborat de autori, care permite determinarea schemei optime de funcţionare, după criteriul pierderilor minime de putere activă, a unei reţele de distribuţie de 110 kV dintr-o zonă a sistemului electroenergetic.

1. Consideraţii generale asupra principiului de optimizare

Schema normală de funcţionare a reţelei de înaltă şi foarte înaltă tensiune (110 kV, 220 kV, 400 kV) a sistemului electroenergetic naţional are o configuraţie buclată complex, fiind caracterizată printr-un grad ridicat de neomogenitate, datorită laturilor cu valori sensibil diferite ale raportului dintre rezistenţă şi reactanţa inductivă : R/X. Astfel de laturi sînt reprezentate prin autotransformatoare de legătură şi prin linii cu valori mult diferite ale secţiunii conductoarelor — de exemplu linii de 220 kV şi 110 kV.

Circulaţia naturală a puterilor active şi reactive în reţeaua de înaltă şi foarte înaltă tensiune se stabileşte, pentru anumite condiţii fixate la noduri, în funcţie de impedanţele laturilor. După cum este cunoscut [1], circulaţia optimă de puteri după criteriul pierderilor active minime este determinată numai de rezistenţele laturilor. În consecinţă, circulaţia naturală va coincide cu circulaţia optimă numai în cazul reţelelor omogene, ale căror laturi au raportul R/X=const.

Într-o reţea neomogenă, circulaţia optimă de puteri se poate determina prin calcule, însă realizarea ei ca atare presupune folosirea unor metode de modificare forţată a circulaţiei naturale. În acest sens se cunosc următoarele posibilităţi :

— introducerea, în fiecare ochi independent, a unei tensiuni suplimentare avînd două componente, una în fază şi cealaltă în cuadratură faţă de tensiunea reţelei ; se pot utiliza în acest scop autotransformatoare cu reglaj longo-transversal ;

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul politehnic Iaşi, Facultatea de electrotehnică, Catedra de electroenergetică.

— acordarea rețelei, prin compensări longitudinale ale reactanței inductive, în scopul omogenizării;

— debuclarea rețelei, urmărind prin aceasta obținerea unei circulații cît mai apropiate de circulația optimă.

Primele două metode, deși mai exacte, necesită investiții suplimentare și soluții tehnice complicate, care sînt, în general, greu de justificat. Metoda debuclării rețelei în scopul unei apropieri maxime de circulația optimă reprezintă o soluție simplă în exploatare, care impune totuși considerarea restricțiilor legate de siguranța în alimentarea consumatorilor. Operația de debuclare se referă la rețeaua de 110 kV și se poate realiza atît prin deconectarea unor linii cît și prin secționarea unor noduri. În acest din urmă caz este necesară separarea, în unele stații, a liniilor de alimentare și consumurilor pe sisteme de bare diferite și deschiderea cuplei transversale. Deconectarea unor linii necesită îmbunătățirea automaticii de sistem prin instalarea pe aceste linii a dispozitivelor AAR.

Odată cu debuclarea rețelei trebuie să se modifice în mod corespunzător și rapoartele de transformare ale autotransformatoarelor în scopul asigurării nivelului optim de tensiuni în rețea, folosind astfel posibilitățile pe care le oferă reglajul longitudinal pentru reducerea pierderilor.

2. Algoritmul și programul de calcul

În scopul realizării unui program de calcul pentru optimizarea schemei de funcționare a unei rețele de distribuție de înaltă tensiune, utilizînd metoda debuclării prin deconectarea unor linii, s-a propus un algoritm care conține următoarele etape:

1. Calculul regimului staționar al rețelei în schema inițială buclată. Acesta constituie regimul de referință în raport cu care se va aprecia reducerea pierderilor după debuclare și a fost denumit REGIMUL 1 — NORMAL BUCLAT.

2. Calculul regimului staționar în schema inițială, folosind numai rezistențele laturilor. Se obține în acest caz circulația optimă de puteri care determină pierderi minime de putere activă. Acest regim a fost denumit REGIMUL 2 — OPTIM TEORETIC. Tensiunile nodale care se obțin în această etapă de calcul nu prezintă importanță practică.

3. Calculul debuclării rețelei, în care se determină liniile ce urmează să fie deconectate în vederea apropierii maxime a circulației de puteri de circulația optimă determinată în regimul 2. În acest scop se folosesc rezultatele obținute în primele două etape de calcul.

4. Calculul regimului staționar de funcționare în schema modificată prin deconectarea liniilor stabilite în etapa precedentă, reprezentînd regimul optim real care poate fi atins prin debuclarea rețelei și care a fost denumit REGIMUL 3 — OPTIM DEBUCLAT.

Organigrama simplificată de calcul se prezintă în figura 1, în care s-a notat prin *IREG* un indice de regim; acestuia i se atribuie succesiv valorile 1, 2, 3, corespunzătoare celor trei regimuri descrise mai sus. În calculul regimurilor 1 și 3 s-au folosit ecuațiile neliniare care exprimă dependența puterilor active și reactive injectate în noduri în funcție de modulele și argumentele tensiunilor nodale:

$$P_i = G_{ii} V_i^2 - V_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} V_j (G_{ij} \cos\delta_{ij} + B_{ij} \sin\delta_{ij})$$

$$i = 2, \ldots, N \qquad (1)$$

$$Q_i = - B_{ii} V_i^2 - V_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} V_j (G_{ij} \sin\delta_{ij} - B_{ij} \cos\delta_{ij}),$$

în care

N reprezintă numărul nodurilor independente; nodul de echilibru, avînd tensiunea impusă, este notat cu 1;

$P_i, Q_i (i=2,\ldots,N)$ — puterile active și reactive cunoscute, injectate în nodurile independente;

$G_{ii}, G_{ij}, B_{ii}, B_{ij}$ — elemente ale matricei de admitanțe nodale, care se calculează în funcție de parametrii liniilor și transformatoarelor;

$V_i (i=2, \ldots, N)$ — valorile tensiunilor nodale;

$\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j$ — defazajul dintre tensiunile $\underline{V}_i$ și $\underline{V}_j$.

Tensiunile nodale $\underline{V}_i = \underline{V}_i \llcorner \delta_i (i=2, \ldots, N)$ formează necunoscutele principale, care, odată determinate, se folosesc cu ușurință la calculul circulațiilor de puteri, pierderilor etc. Soluționarea sistemului de ecuații (1) se face pe cale iterativă, prin metoda Newton [1]—[3]. În acest scop este necesar să se calculeze, la fiecare pas, iacobianul sistemului (1).

În calculul regimului 2 — optim teoretic s-a constatat că metoda Newton conduce uneori la divergențe ale procesului iterativ datorită includerii în schema echivalentă a rețelei numai a rezistențelor (conductanțelor) laturilor. Din acest motiv, regimul 2 se calculează cu ajutorul ecuației nodale:

$$[G]\,[\underline{V}] = [\underline{I}_n], \qquad (2)$$

în care

$[G]$ reprezintă matricea conductanțelor nodale;

$[\underline{V}]$ — matricea-coloană a tensiunilor nodale;

$[\underline{I}_n]$ — matricea-coloană a curenților injectați în noduri.

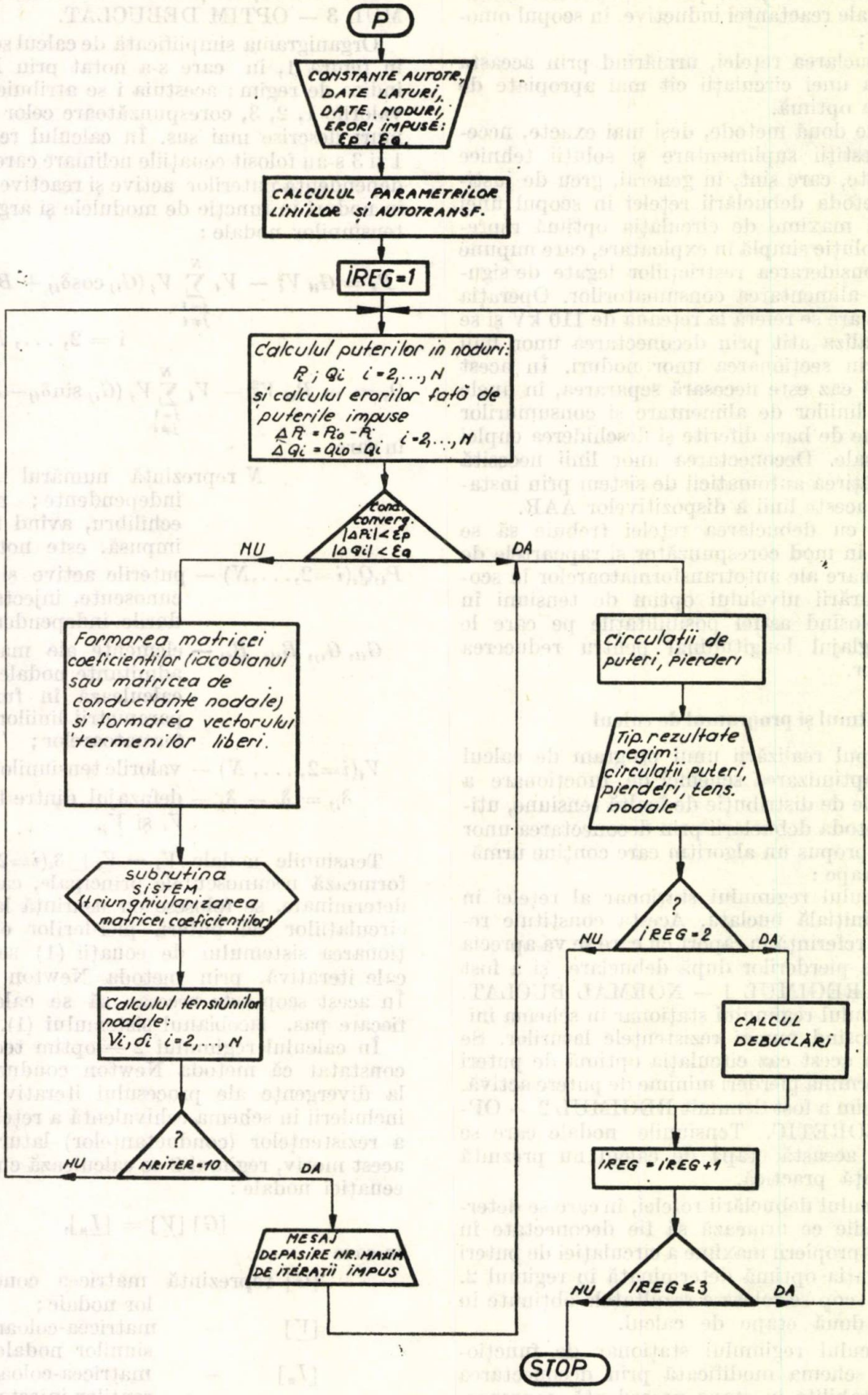

P
CONSTANTE AUTOTR., DATE LATURI, DATE NODURI, ERORI IMPUSE: εp ; εq.
CALCULUL PARAMETRILOR LINIILOR și AUTOTRANSF.
IREG=1
Calculul puterilor în noduri: Pi ; Qi i=2,...,N și calculul erorilor față de puterile impuse ΔPi = Pio - Pi ; ΔQi = Qio - Qi ; i=2,...,N
cond. converg. |ΔPi|<εp |ΔQi|<εq
NU
DA
Formarea matricei coeficienților (iacobianul sau matricea de conductanțe nodale) și formarea vectorului termenilor liberi.
subrutina SISTEM (triunghiularizarea matricei coeficienților)
Calculul tensiunilor nodale: Vi ; δi i=2,...,N
?
NRITER=10
NU
DA
MESAJ DEPĂȘIRE NR. MAXIM DE ITERAȚII IMPUS
circulații de puteri, pierderi
Tip. rezultate regim: circulații puteri, pierderi, tens. nodale
?
IREG=2
NU
DA
CALCUL DEBUCLĂRI
IREG = IREG+1
IREG≤3
NU
DA
STOP

Fig. 1

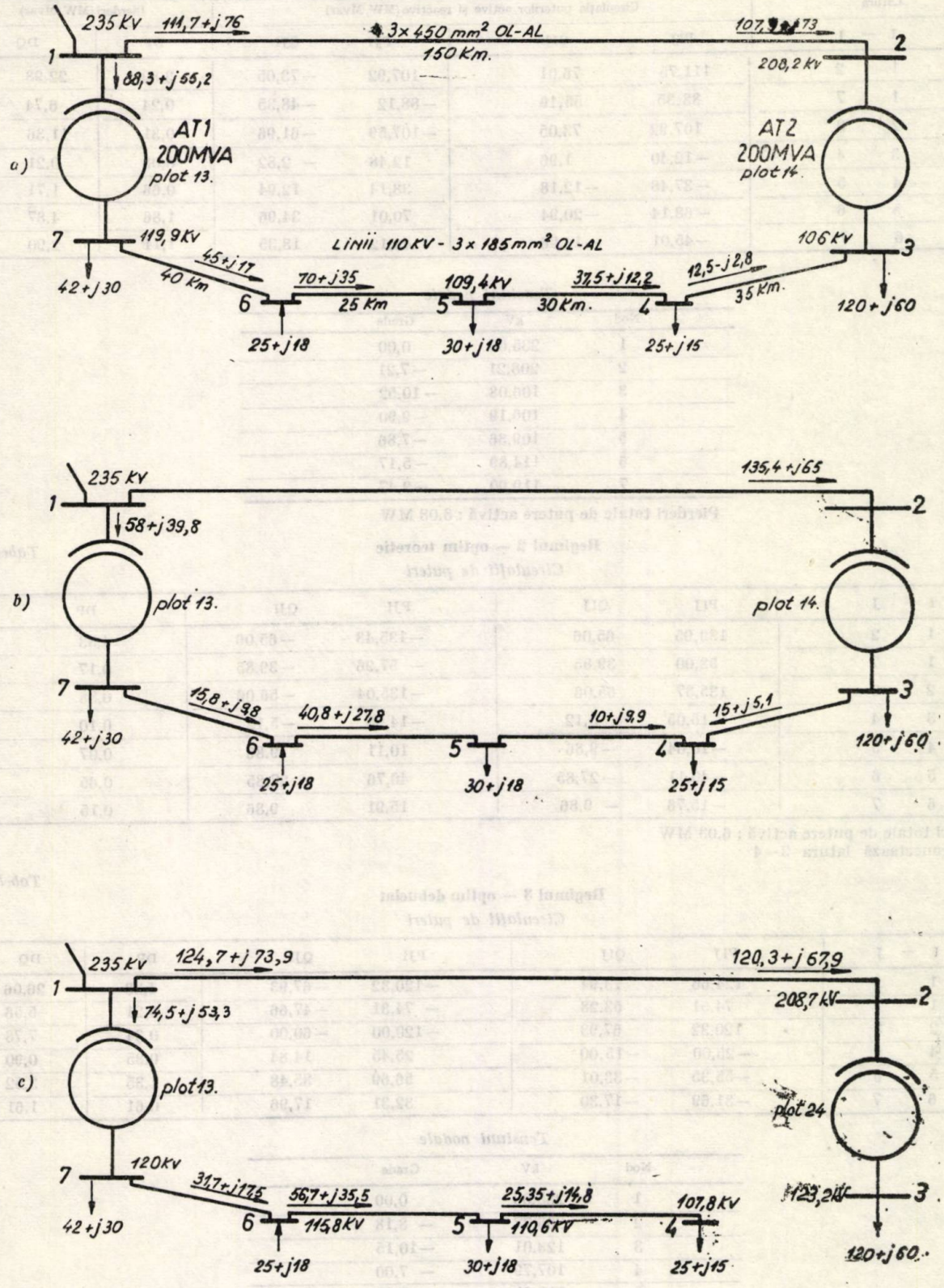

a)
235 kV
111,7+j76
3×450 mm² OL-AL
150 km.
107,9+j73
2
208,2 kV
1
88,3+j65,2
AT1
200MVA
plot 13.
AT2
200MVA
plot 14.
7
119,9 kV
LINII 110 kV - 3×185 mm² OL-AL
106 kV
3
45+j17
40 km
42+j30
70+j35
25 km
109,4 kV
37,5+j12,2
30 km.
12,5-j2,8
35 km.
120+j60
6
5
4
25+j18
30+j18
25+j15
b)
235 kV
135,4+j65
1
2
58+j39,8
plot 13.
plot 14.
7
3
15,8+j9,8
40,8+j27,8
10+j3,9
15+j5,1
42+j30
120+j60
6
5
4
25+j18
30+j18
25+j15
c)
235 kV
124,7+j73,9
120,3+j67,9
1
2
74,5+j53,3
208,7 kV
plot13.
plot 24
7
120 kV
3
31,7+j17,5
56,7+j35,5
25,35+j14,8
107,8 kV
42+j30
6
115,8 kV
5
110,6 kV
4
120+j60
25+j18
30+j18
25+j15

Fig. 2

Regimul 1 — Normal buclat *Tabelul 1*

Circulații de puteri

Latura I — J		Circulația puterilor active și reactive (MW, Mvar)				Pierderi (MW, Mvar)	
		PIJ	QIJ	PJI	QJI	DP	DQ
1	2	111,75	76,01	—107,92	—73,05	3,82	22,98
1	7	88,35	55,16	—88,12	—48,35	0,24	6,74
2	3	107,92	73,05	—107,59	—61,96	0,31	11,36
3	4	—12,40	1,96	12,48	— 2,82	0,08	0,21
4	5	—37,48	—12,18	38,14	12,94	0,66	1,71
5	6	—68,14	—20,94	70,01	34,96	1,86	4,87
6	7	—45,01	—16,96	46,12	18,35	1,11	2,90

Tensiuni nodale

Nod	kV	Grade
1	235,00	0,00
2	208,21	—7,21
3	106,08	—10,52
4	106,19	—9,90
5	109,36	—7,86
6	114,89	—5,17
7	119,90	—2,47

Pierderi totale de putere activă : 8,08 MW

Regimul 2 — optim teoretic *Tabelul 2*

Circulații de puteri

I — J		PIJ	QIJ	PJI	QJI	DP
1	2	139,95	65,06	—135,43	—65,06	4,53
1	7	58,00	39,85	— 57,96	—39,85	0,17
2	3	135,37	65,06	—135,04	—56,06	0,38
3	4	15,05	5,12	—14,95	—5,12	0,10
4	5	—10,04	—9,86	10,11	9,86	0,07
5	6	—40,11	—27,85	40,76	27,85	0,65
6	7	—15,76	— 9,86	15,91	9,86	0,15

Pierderi totale de putere activă : 6,03 MW
Se deconectează latura 3—4

Tabelul 3

Regimul 3 — optim debuclat

Circulații de puteri

I — J		PIJ	QIJ	PJI	QJI	DP	DQ
1	2	124,66	73,94	—120,32	—67,93	4,33	26.06
1	7	74,51	53,28	— 74,31	—47,66	0,21	5,56
2	3	120,32	67,93	—120,00	—60,00	0,34	7,78
4	5	—25,00	—15,00	25,45	14,84	0,35	0,90
5	6	—55,35	—33,01	56,69	35,48	1,35	3,52
6	7	—31,69	—17,30	32,31	17,96	0,61	1,61

Tensiuni nodale

Nod	kV	Grade
1	235,00	0,00
2	208,77	— 8,18
3	123,01	—10,15
4	107,79	— 7,00
5	110,61	— 5,83
6	115,76	— 3,82
7	120,00	— 2,00

Pierderi totale de putere activă : 7,18 MW

Ecuaţia (2) se soluţionează iterativ prin triunghiularizarea matricei $[G]$ şi determinarea, la fiecare pas de calcul, a curenţilor $[\underline{I}_n]$ în funcţie de puterile la noduri şi de aproximaţia curentă a tensiunilor nodale.

Aşa cum rezultă din organigrama dată în figura 1, după calculul regimurilor 1 şi 2 urmează determinarea laturilor ce se vor deconecta pentru a ajunge la schema optimă. Această funcţiune este realizată de blocul CALCUL DEBUCLĂRI, în cadrul căruia se execută următoarele operaţii :

— determinarea nodurilor pentru care, în regimul 2, pe toate laturile incidente circulaţia de putere activă (sau reactivă) are sensul spre nod ; laturile incidente la aceste noduri sînt susceptibile de a fi deconectate şi sînt testate în continuare ;

— testarea laturilor posibile de deconectare, comparînd curenţii care circulă pe acestea în regimurile 1, 2 şi 3 ; deşi regimul 3 nu este încă calculat, este evident că, dacă latura testată se va deconecta, curentul corespunzător va fi zero ; se elimină din operaţia de testare autotransformatoarele şi liniile cu tensiuni nominale mai mari de 110 kV ; în urma acestei operaţii rezultă liniile care urmează să fie deconectate ;

— se recalculează parametrii reţelei după debuclare şi se comandă calculul regimului 3.

După algoritmul prezentat a fost întocmit programul în FORTRAN, denumit de autori, în forma actuală, OPTIM 1. Programul permite calculul reţelelor cu un număr maxim de 50 noduri şi 100 laturi. Aplicarea programului în cîteva cazuri concrete a pus în evidenţă faptul că se pot obţine reduceri sensibile ale pierderilor de putere, respectiv de energie, în reţelele de înaltă şi foarte înaltă tensiune prin debuclarea reţelei de 110 kV. Procentul de reducere a pierderilor depinde într-o măsură însemnată de structura reţelei de 110 kV şi de gradul de încărcare al ei, micşorîndu-se dacă liniile sînt mai slab încărcate sau dacă reţeaua prezintă buclări numeroase. În cîteva cazuri analizate a rezultat că nu se poate obţine o apropiere suficientă, prin deconectarea unor linii, de regimul optim teoretic. Pentru astfel de situaţii este necesar să se studieze în viitor posibilitatea reducerii pierderilor prin secţionarea nodurilor, aşa cum s-a menţionat în cap. 1.

Exemplu de calcul

Se prezintă rezultatele obţinute prin rularea programului OPTIM 1 pentru reţeaua dată în figura 2 *a*. Puterile active şi reactive din noduri se dau în MW, respectiv Mvar. Datele reprezentative pentru cele trei regimuri se dau în figurile 2a,2b, 2c, iar rezultatele complete se prezintă în tabelele 1, 2 şi 3.

Rezultă că prin deconectarea laturii 3—4 şi trecerea funcţionării autotransformatorului de pe priza 14 pe priza 24, se obţine o reducere a pierderilor de la 8,08 MW la 7,18 MW, adică un procent de reducere de 11,14 %. Calculele arată că, în acest procent, ponderea deconectării laturii reprezintă 8,17 %, restul de 2,97 % datorîndu-se modificării prizei autotransformatorului.

Concluzii

1. Debuclarea reţelelor de distribuţie zonale de 110 kV prin deconectarea unor linii poate conduce la reduceri importante ale pierderilor de putere şi energie ; operaţia de debuclare trebuie însoţită de optimizarea nivelului de tensiuni în reţea cu ajutorul prizelor autotransformatoarelor.

2. Schema de calcul luată în considerare pentru optimizarea circulaţiei de puteri prin debuclare trebuie să fie suficient de extinsă pentru ca condiţiile impuse nodurilor de frontieră cu restul sistemului electroenergetic să aibă o influenţă cît mai mică asupra zonei analizate ; în exemplul simplu prezentat, nodul 1 (de echilibru) este singurul nod de injecţie din sistem.

3. O preocupare de viitor a autorilor va consta în îmbunătăţirea performanţelor şi posibilităţilor programului realizat în următoarele direcţii : creşterea numărului maxim de noduri, debuclarea reţelei prin secţionarea nodurilor, calculul automat al modificării prizelor autotransformatoarelor, introducerea unor restricţii etc.

Bibliografie

[1] Bercovici, M., Arie, A. şi Poeată, A. *Reţele electrice — calculul electric.* Editura tehnică, Bucureşti, 1974.

[2] Dimo, P. şi col. *Calculul şi proiectarea sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1971.

[3] El Abiad, A.H. *Computer Methods in Power Systems Analysis.* McGraw. Hill, N. Y., 1968.

[4] Markovici, I. *Rejimi energheticeskih sistem.* Gosenergoizdat, Moscova, 1963.

[5] Holmski, V. G. *Rascet i optimizaţiia rejimov elektriceskih setei.* Izd. Vissaia şkola, Moscova, 1975.

Secţia II — Optimizarea dezvoltării reţelelor electrice urbane şi industriale

Raport general

Şef lucr. dr. ing. **Gh. Cîrţină**

Cele 21 lucrări grupate în această secţie oferă o imagine a problemelor specifice cu care se confruntă dezvoltarea reţelelor urbane şi industriale din ţara noastră. Aspectele respective sînt determinate, pe de o parte, de evoluţia vertiginoasă a necesarului de energie pentru alimentarea unor platforme ale unei industrii cu multiple vocaţii şi în plină înflorire, pentru satisfacerea necesităţilor centrelor urbane care desfăşoară o activitate economică, culturală, socială şi politică dintre cele mai diversificate, iar pe de altă parte, de contextul în care este încadrată azi problema energiei, în general, şi a pierderilor de energie, în special.

Ritmurile înalte de dezvoltare a industriei noastre, progresia demografică ridicată a centrelor urbane, cît şi exigenţele actuale sporite de calitate a alimentării cu energie electrică, pentru desfăşurarea unor activităţi optime în toate sectoarele, fac ca problemele ce stau în faţa acestui domeniu să fie dintre cele mai complicate. De asemenea, datorită importantelor scumpiri ale petrolului pe piaţa mondială, au crescut simţitor eforturile pentru micşorarea pierderilor de energie.

În rezolvarea acestor probleme, în ţara noastră sînt angajate institute cu tradiţie şi prestigiu, ca ICEMENERG, ISPE, ICPE, facultăţile de electrotehnică din toate centrele universitare, printre care şi cea din Iaşi, colectivele întreprinderilor de reţele electrice, în care lucrează un număr mare de specialişti de valoare, cu multă experienţă.

Pentru o prezentare sintetică, lucrările secţiei au fost grupate după cum urmează:

II—A. Optimizarea structurii şi a soluţiilor constructive ale reţelelor de distribuţie urbană (opt referate): II. 8, II. 13, II. 10, II. 5, II. 14, II. 19, II. 20, II. 21.

II—B. Optimizarea reţelelor industriale (şapte referate): II. 1, II. 4, II. 18, II. 15, II. 6, II. 9, II. 3.

II—C. Repartizarea optimală a surselor reactive în reţelele electrice (patru referate): II. 2, II. 17, II. 16, II. 7.

II—D. Tratarea neutrului în reţelele de medie tensiune (două referate): II. 11 şi II. 12.

Numerotarea de mai sus corespunde celei din programul difuzat, iar ordinea citării corespunde înlănţuirii subiectelor tratate.

II-A. Optimizarea structurii şi a soluţiilor constructive a reţelelor de distribuţie urbană

Primele două lucrări citate ale acestei grupe (II. 8 şi II. 13) se ocupă cu influenţa gătitului electric asupra structurii şi parametrilor reţelelor electrice urbane. Punctul de plecare este Decretul 206/1977, care prevede ca noile blocuri să fie dotate cu maşini electrice de gătit, iar scopul declarat al lucrărilor este determinarea parametrilor şi configuraţiilor optime ale reţelelor de distribuţie de joasă tensiune, în vederea redactării finale a directivelor tehnice.

Astfel, referatul II. 8, utilizînd criteriul cheltuielilor totale actualizate minime, analizează variantele care acoperă situaţia existentă sau probabilă a se realiza la noi, în ceea ce priveşte tipul locuinţelor, densitatea de sarcină, numărul de cabluri MT şi JT, numărul de transformatoare, puterea lor etc. În calculul sarcinii electrice, la cei 7 kW/ap. (pentru toate variantele), s-au adăugat sarcinile aferente ascensoarelor, pompelor de incendiu, hidrofoarelor, iluminatului scărilor etc.

Considerînd pentru reţeaua de MT o singură variantă („buclă simplă"), pentru reţeaua JT — patru variante (radială, simplă buclată, buclată complex şi fără reţea de JT exterioară), referatul II. 8 ajunge la următoarele concluzii:

— indicatorii de siguranţă se încadrează în limitele normativului pentru toate configuraţiile de reţea de JT mai mici de 150 m;

— reţele şi staţiile de IT trebuie să aibă gradul de continuitate 4—5, iar reţeaua de MT, 2;

— cea mai avantajoasă variantă este reţeaua radială de JT.

În cadrul aceleiaşi teme, lucrarea II. 13, după ce se ocupă cu stabilirea densităţii de sarcină şi a eşalonării puterii pe o perioadă de 15 ani (în două etape), analizează soluţiile de alimentare cu energie electrică. Se arată că în perioada imediat următoare devine imperioasă întocmirea unor studii pentru stabilirea unor principii definitive în determinarea sporului de putere solicitată de noii consumatori, a coeficienţilor de simultaneitate, evoluţia consumului în timp etc. Reţine atenţia faptul că pentru municipiul Bucureşti a rezultat ca necesară devansarea etapei de trecere la 20 kV a reţelei de MT, adoptîndu-se soluţia de distribuţie directă (nu prin

PA). Potrivit studiului, puterea optimă a posturilor de transformare va fi în etapa finală 1000 kVA (cu o primă etapă de 630 kVA, 20(10) kV/0,4 kV).

Încălzirea electrică a locuinţelor şi consecinţele sale asupra reţelelor electrice este analizată în lucrarea II. 10. Considerînd circa 100 W/m², rezultă pentru un apartament circa 6—7 kW/ap. Utilizînd încălzirea electrică sau gătitul electric, locuinţa iese din anonimatul energetic şi avansează către consumatorii cei mai importanţi, cu toate consecinţele ce decurg din această mutaţie. Extinderea acestor utilizări presupune, printre altele, restudierea unor aspecte ale fizicii construcţiilor sub aspectul izolării termice, al dispunerii spaţiilor etc.

Celelalte patru lucrări încadrate în această grupă abordează, sub un aspect sau altul, problema structurii optime a reţelelor de distribuţie urbane. De exemplu, algoritmul prezentat în II. 5 permite optimizarea structurii reţelelor electrice de distribuţie, plecînd de la programul de calcul al unei reţele JT strîns buclate cu aceeaşi secţiune unitară.

Algoritmul descris permite determinarea nivelurilor de tensiune în noduri, circulaţiile de curenţi pe laturi, încărcarea posturilor de transformare, evidenţiind depăşirile curenţilor admisibili şi eliminarea acestor laturi la nivel de proiectare. Pentru determinarea structurii optime se procedează la o serie de eliminări succesive, începînd cu laturile cele mai slab încărcate.

Plecînd de la constatarea existenţei unor zone urbane cu densităţi de sarcină ridicate (43,7 MW/km² — zona centru Iaşi), lucrarea II. 14 studiază adoptarea configuraţiei buclate complex. Ca fapt istoric se remarcă perioada 1899—1908, în care reţeaua de distribuţie a oraşului Iaşi a funcţionat într-o schemă complex buclată. În continuare, autorii lucrării prezintă tendinţele de utilizare a structurii buclate complex în ţara noastră, în alte ţări, precum şi preocupările IRE Iaşi în acest sens. Considerînd sarcinile maxime de calcul la nivelul anului 1985, se prezintă etapizarea lucrărilor de trecere la funcţionarea buclată. Adoptarea unor astfel de scheme trebuie făcută diferenţiat, ţinînd seama de etapa finală, de rezultatele şi experienţa în exploatarea releelor direcţionale de JT.

Lucrarea II. 20 prezintă strategia optimă de înlocuire a reţelei de 6 kV cu 20 kV pentru municipiile Galaţi şi Brăila. Considerînd că industria este concentrată în zone clar conturate, pe baza analizei rezultă trei etape distincte:

— etapa I, 1975—1980, crearea barelor de injecţie de la 110 kV la 20 kV şi amplificarea staţiilor de 110/6 kV cu 20 kV;

— etapa II, 1981—1990, dezvoltarea reţelelor de 20 kV pe tot teritoriul municipiilor respective;

— etapa III, 1991—2000, restrîngerea treptată a ariei reţelei de 6 kV.

În sfîrşit, referatul II. 19 insistă asupra reducerii pierderilor de putere în exploatare, arătînd că acestea au o semnificaţie deosebită, mai importantă decît cea conferită în calcule, pentru că pierderile se traduc prin consum de combustibil energetic, care se manifestă pe o perioadă îndelungată de funcţionare. Analizînd variantele 2×40, 4×25, 4×40, 2×63 şi 2×80 MVA (110/MT), se deduce că în fiecare variantă de schemă consumul tehnologic este influenţat preponderent de transformatoarele 110/MT, de tipul lor constructiv, de modul de răcire. Pe baza analizei se propune revenirea la tipul de răcire NS pentru transformatoarele de 40 MVA 110/MT. Autorii opiniază pentru reanalizarea ponderii valorice a pierderilor de putere în cadrul metodologiei de calcul tehnico-economic, propunere susţinută şi de lucrarea II. 6.

În încheierea prezentării lucrărilor din această grupă este de subliniat că optimizarea structurii şi soluţiilor constructive ale reţelelor de distribuţie urbane depinde de evoluţia însemnată a sarcinii electrice, în cadrul căreia bucătăria electrică şi/sau încălzitul electric constituie un element suplimentar asupra căruia nu se cunoaşte prea mult. Densităţile de sarcini care se vor realiza în viitor, în jur de 100 MW/km² şi chiar mai mult, vor impune rezolvarea corespunzătoare a unui număr mare de probleme tehnice legate de creşterea puterii de scurtcircuit, reducerea suprafeţelor de amplasare, înglobarea noilor posturi trafo în parterul blocurilor, respectarea unor linii arhitectonice, evitarea poluării sonore etc.

II-B. Optimizarea reţelelor industriale

Ca şi celelalte lucrări, cele reunite în această grupă reprezintă sinteze ale muncii şi experienţei îndelungate a unor valoroase colective de cercetare. Astfel, lucrarea II. 1 se adaugă la şirul lucrărilor realizate de ICEMENERG în domeniul siguranţei în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali. La ICEMENERG s-a stabilit o metodă analitică de evaluare a duratei pe întrerupere, care permite scoaterea în evidenţă a modului de comportare a proceselor tehnologice la întreruperi în alimentarea cu energie electrică.

Este interesant de remarcat că metoda propusă de lucrarea II. 1 permite generalizarea caracteristicilor de evaluare a daunelor în funcţie de durata de întrerupere în alimentare pentru

consumatori industriali cu profil tehnologic asemănător, cu ajutorul indicatorilor generali de daună.

Alegerea schemei de alimentare a unei platforme industriale este influențată de un număr însemnat de factori. O parte dintre aceștia, cu implicațiile lor, sînt analizați în referatul II. 4. Factori ca existența șocurilor de putere activă, reactivă etc. pot atrage modificări fundamentale în alegerea schemei stației de transformare. Rezultă totodată necesitatea organizării unor date de exploatare capabile să permită edificarea modului de rezolvare a siguranței în exploatare.

Plecînd de la particularitățile structurii sarcinii în cadrul unui combinat siderurgic, lucrarea II. 18 prezintă optimizarea rețelei de distribuție a întreprinderii respective. Introducerea tensiunii de 10 kV pe platformele industriale, pe lîngă numeroasele avantaje, întîmpină și unele greutăți legate de existența motoarelor de 6 kV. În urma calculelor făcute pentru varianta dublu radială de 6 și 10 kV, pentru cazul considerat, a rezultat mai economică soluția de 10 kV cu două stații de 110/MT cu structura de 3×63 MVA, a cărei eficiență ar fi și mai mare dacă s-ar putea procura cabluri de 3×185 mm^2 sau 3×240 mm^2.

Autorii referatului II. 15 analizează funcționarea stațiilor tip racord adînc pe baza criteriului consum propriu tehnologic — nivel de siguranță. Parametrizarea componentelor indicatorilor de eficiență economică a permis trasarea unor diagrame utile pentru tipurile de transformatoare întîlnite în practică (16, 25, 40 MVA), a secțiunii și lungimii racordului. Rezultatele se adaugă efectiv contribuției la proiectarea optimală a rețelelor electrice industriale.

În ultima vreme se constată eforturi tot mai intense pentru reducerea pierderilor de energie. Prognozele arată că și în continuare este de așteptat o tendință de scădere a nivelului optim pentru pierderile din instalațiile de distribuție a energiei electrice. În consecință, arată lucrarea II. 6, devine indicat ca la etapa actuală să se pună și problema modului de calcul al eficienței investițiilor suplimentare, în condițiile unui preț dinamic al pierderilor egal cu $p_0(1 + r)$, unde r este o rată medie de creștere anuală. În felul acesta, acțiunea de micșorare a nivelului de pierderi ar putea conduce la un rezultat mai apropiat de optimul economic decît cel ce se obține actualmente cu o rată nulă a creșterii costului specific al pierderilor.

Referatul II. 9 ilustrează maniera în care bilanțurile electroenergetice pot contribui la optimizarea proiectării tehnologice și a schemei de alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale. Pentru aceasta trebuie luate în seamă măsurile de reducere a pierderilor de energie propuse în bilanțul optim.

Cercetările desfășurate la ICEMENERG referitoare la golurile de tensiune au urmărit determinarea pe baze teoretice și statistice a distribuției caracteristicilor golurilor de tensiune și studiul comportării diferitelor receptoare la aceste perturbații, în vederea găsirii soluțiilor pentru reducerea lor. Bazîndu-se pe un număr mare de înregistrări, provenind de la 14 oscilo-perturbografe, montate în diferite puncte ale sistemului, lucrarea II. 3 studiază frecvența, tipul, durata și amplitudinea golurilor de tensiune, generalizările pe care le face lucrarea fiind interesante.

II-C. Repartizarea optimală a surselor reactive în rețelele electrice

Dintre subiectele care revin cu insistență în literatura științifică de specialitate este și acela al repartizării optimale a surselor reactive în rețelele electrice. În acest domeniu au existat și există preocupări susținute în mai multe colective de cercetare prezente la această sesiune. Înscriindu-se pe această linie, referatul II. 2 prezintă unele aspecte ale eficienței utilizării surselor reactive reglabile în scopul creșterii economicității și siguranței în funcționare a sistemului electroenergetic. Măsurătorile și înregistrările efectuate de autorii lucrării sînt edificatoare pentru comportarea diverșilor consumatori. Lucrarea prezintă modul de determinare a treptei fixe și a celor reglabile, în cazul consumatorilor industriali.

În urma măsurătorilor efectuate, în colaborare cu specialiștii de la IRE Iași, IRE Suceava și IRE Bacău, în rețelele urbane ale municipiilor respective — se arată în referatul II. 17 — a rezultat oportună analiza compensării puterii reactive pe partea de JT a posturilor de transformare. Lucrarea prezintă procedeul de calcul, algoritmul utilizat și rezultatele obținute pentru o rețea urbană alimentată de la o stație de transformare 110/6 kV cu 12 distribuitoare și 1—6 PT/distribuitor. La baza procedeului de calcul stă căutarea iterativă pornind de la situația compensării 100%, după ce s-a făcut discretizarea puterilor reactive. În urma parametrizării principalelor mărimi de calcul a rezultat că nivelul de compensare este influențat esențial de prețul bateriei de condensatoare și de cel al energiei pierdute.

Demonstrînd că funcția-obiectiv cheltuielile totale actualizate poate fi adusă totdeauna la o formă $Z = \mathrm{d}X + XCX$, referatul II. 16 prezintă o nouă metodă de determinare a amplasării optime a surselor reactive într-o rețea. Se arată că aceasta revine la rezolvarea unui model

Barankin-Dorfman, pentru care se poate utiliza o funcţie tip Frank-Wolfe şi procedeul căutării unidimensionale secvenţiale a optimului sau algoritmul simplex. Printr-o alegere convenabilă a variabilelor se pot rezolva problemele de optim respective utilizînd numai valorile medii, care pot fi deduse şi din energiile corespunzătoare, în locul graficelor de sarcină.

Rezultatele prezentate în lucrarea II. 7 sînt deosebit de utile în activitatea de proiectare şi exploatare optimă a reţelelor electrice de distribuţie urbană, dînd posibilitatea unei cunoaşteri mai exacte a valorilor reale ale parametrilor de sarcină. Printre altele, din lucrare reiese că factorul de putere mediu, $\cos\varphi = 0{,}73-0{,}93$, este mai mic decît cel presupus, că durata de utilizare a sarcinii maxime, $T_{max\,P} = 4100-6400$ h/an, $T_{max\,Q} = 6000 - 7990$ h/an, este cu mult mai mare decît cele utilizate curent în proiectare.

Rezultă şi din aceste lucrări necesitatea reconsiderării pierderilor de energie în studiile de dezvoltare.

II-D. Tratarea neutrului în reţelele de MT

Din cele două lucrări care se referă la această temă, prima citată, II. 11, conţine o sinteză a concluziilor la care au ajuns autorii în urma unor studii teoretice şi experimentale a diferitelor moduri de tratare a neutrului în reţelele de MT din ţara noastră. Se subliniază faptul că apar mari dificultăţi la LEC, cînd curentul rezidual de punere la pămînt în cazul acordului perfect este mare, la aceeaşi putere a bobinei de stingere. În această situaţie, tratarea neutrului cu impedanţă mică apare avantajoasă, deoarece se poate aplica în orice reţea, simplifică exploatarea şi reduce cheltuielile de investiţie. Aplicarea soluţiei trebuie făcută, însă, cu discernămînt.

După ce prezintă avantajele automatizării acordului bobinei de stingere, lucrarea II. 12 arată că la acordul la rezonanţă tensiunea de deplasare a punctului neutru are aceeaşi orientare fazorială ca şi tensiunea de nesimetrie. Potrivit schemei prezentate în lucrare s-a realizat o bobină care s-a experimentat, cu rezultate bune (eroare maximă 5 %), în staţia Rădăuţi. Ca şi celelalte lucrări din această grupă, lucrarea II. 12 este preocupată de mărirea siguranţei în exploatarea reţelei de MT, prin soluţii convenabile din punct de vedere economic.

*

Problemele dezbătute în cadrul acestei secţii fac obiectul studiilor a numeroase institute şi colective de cercetare din lume. De exemplu, nu cu mult timp în urmă „Revue Générale de l'Electricité" a publicat dezbaterile pe tema „Alimentation en énergie électrique des grandes agglomérations urbaines".

Pe lîngă cele arătate, literatura de specialitate se opreşte cu insistenţă asupra încadrării instalaţiilor electrice în mediul înconjurător, problemă complexă şi cu multiple implicaţii asupra unor aspecte care sperăm să fie abordate şi în discuţiile ce vor urma.

Indicatori privind efectele comportării consumatorilor industriali asupra regimului de compensare în nodurile rețelei

Dr. ing. H. Cristea,
ing. I. Fecioru,
ing. Adriana Armencoiu *)

Existența, extinderea și apariția de noi consumatori de energie electrică — consumatori cu procese tehnologice dintre cele mai complexe — impun o analiză atentă asupra regimului electric al acestora și efectelor lor în funcționarea sigură și economică a sistemului electroenergetic.

Menținerea echilibrului puterilor active produse și consumate în sistemele electroenergetice și a frecvenței face obiectul multor preocupări, cunoscute în literatura de specialitate sub titlul de „reglaj frecvență-putere". Nu în aceeași măsură au fost studiate, la nivel de sistem electroenergetic, efectele reglajului automat al puterii reactive și nivelurilor de tensiune în nodurile rețelei sistemului electroenergetic, cu considerarea posibilității producerii acesteia la locul de consum, efectele regimului deformant introdus de consumator și apariția unor fenomene secundare odată cu compensarea puterii reactive în nodurilor de consum și în nodurile rețelei de alimentare.

Date fiind constantele mici de timp ale propagării fenomenelor legate de fluctuațiile de putere reactivă, criteriile pentru alegerea regimurilor optime de compensare în nodurile rețelei și la consumatori necesită o reanalizare, cu reconsiderarea unor ipoteze privitoare la :

— acoperirea permanentă a balanțelor de putere reactivă în principalele noduri ale rețelei sistemului electroenergetic ;

— atenuarea fluctuațiilor de putere reactivă datorită programului de lucru și naturii consumatorilor, prin extinderea funcțiunilor mijloacelor de reglaj al puterilor reactive ;

— menținerea nivelurilor de tensiune în limitele admisibile în nodurile de consum ale rețelei de alimentare ;

— înlăturarea efectelor regimului deformant, precum și a altor fenomene care apar la compensarea puterii reactive în rețele și la consumatori ;

— reducerea consumurilor proprii tehnologice în transportul și distribuția energiei electrice.

Ca urmare a celor menționate, pe baza înregistrărilor directe a unor mărimi de regim caracteristice comportării consumatorilor industriali și a efectelor cumulative ale acestora în nodurile rețelei de alimentare, se determină o serie de indicatori necesari stabilirii regimului optim de compensare. Totodată, în lucrare sînt tratate efectele regimului deformant asupra compensării puterii reactive în nodurile rețelei și la consumatori, precum și ale regimului de tensiuni impus de variațiile puterii reactive datorite naturii consumatorului de energie electrică.

Se prezintă unele aspecte ale eficienței utilizării surselor reglabile de compensare a puterii reactive în scopul creșterii economicității și siguranței funcționării sistemului electroenergetic.

1. Probe, măsurători și înregistrări efectuate

Analizele efectuate la un număr de consumatori din sistemul electroenergetic românesc pun clar în evidență existența variațiilor de putere reactivă datorite organizării activității procesului tehnologic în cadrul zilei caracteristice de lucru (variații lente), peste care se suprapun variațiile rapide ale puterii reactive datorite naturii procesului tehnologic. Aceste variații de putere reactivă la consumatori atrag după sine variații ale tensiunii în nodul de racord al consumatorului, uneori peste limita admisibilă.

Pentru exemplificare se prezintă rezultatele analizelor la trei consumatori de energie electrică de naturi diferite, considerați ca fiind unii dintre cei mai reprezentativi.

1.1. *Tratamente termice*

În cazul unui tip de receptor cu specific de tratamente termice, variația puterii reactive este în cicluri, care pot avea forme diverse, amplitudini și perioade diferite.

Din analiza variației de tensiune se pot identifica goluri adînci de tensiune de pînă la 10% din tensiunea nominală, provocate de abaterile de putere reactivă.

Analiza armonică a undei de tensiune și curent arată că receptoarele cu specific de tratamente termice alimentate direct de la sursa de curent alternativ nu reprezintă sursă de regim deformant.

Fundamentarea unor astfel de concluzii urmează să se facă numai după efectuarea măsurătorilor la un mare număr de consumatori de acest tip.

1.2. *Tratamente termice combinate cu prelucrări mecanice*

Variația puterii active și reactive a consumatorului cu specific de tratamente termice combinate cu prelucrări mecanice este una dintre cele mai reprezentative și des întîlnite, fiind consumatorul cel mai răspîndit în sistem, caracteristic industriei constructoare de mașini.

Se consideră că pentru cazul tipului de consumator combinat — prelucrări mecanice și tratamente termice — variația puterii active și reactive datorite naturii procesului tehnologic este aleatorie, cu amplitudini de peste 75%

*) Autorii lucrează la ICEMENERG.

cu oarecare periodicitate de desfășurare de ordinul secundelor.

La același tip de consumator a fost efectuată analiza armonică a undei de curent și tensiune, la care coeficientul de distorsiune al undei de tensiune (2,4%) și al undei de curent (4,92%) se încadrează în valorile admisibile. În urma analizei experimentale a unui mare număr de astfel de consumatori cu procese tehnologice combinate, este posibil ca pentru unii dintre aceștia să rezulte efecte ale regimului deformant ce depășesc pe cele limită admisibilă.

1.3. *Cuptoare electrice cu arc*

Tipul de receptor cu specific de proces tehnologic de topire a metalelor cu arc electric în cuptoare speciale este destul de răspîndit în industra metalurgică și constructoare de mașini. Puterile unitare pe receptoare sau cumulate pe nodurile rețelei de alimentare devin din ce în ce mai mari. Odată cu creșterea puterilor unitare, există tendința de alimentare a acestor consumatori prin rețea de acord adînc cu tensiuni înalte, apropiate de tensiunile de transport al energiei electrice. În felul acesta se reduce atenuarea efectelor fenomenelor perturbatoare de la consumator propagate în rețeaua de transport, cu consecințele nefavorabile corespunzătoare asupra funcționării economice și sigure a sistemului electroenergetic.

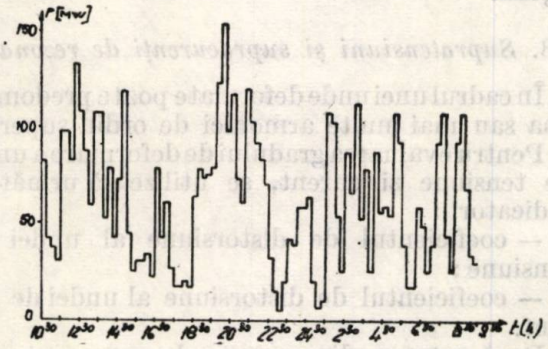


Fig. 1

În figurile 1 și 2 sînt prezentate diagramele zilnice de consum ale puterii active și, respectiv, reactive, reprezentînd valorile medii din sfert în sfert de oră ale înregistrărilor efectuate.

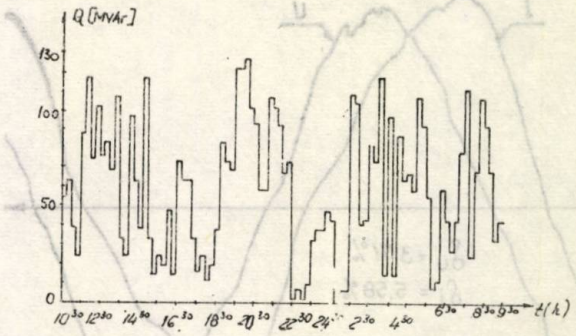


Fig. 2

Din diagramele prezentate se poate observa caracterul aleatoriu de variație și neuniformitate pronunțată al graficului de consum al puterii active și reactive, precum și valorile mari ale variației puterii active absorbite de consumator, ceea ce reprezintă un efect perturbator pronunțat pentru rețeaua de alimentare.

În figura 3 se prezintă înregistrarea simultană a consumului de putere reactivă din rețeaua de sistem electroenergetic, precum și abaterile de tensiune pe bara de medie tensiune (35 kV). Se observă din înregistrări tendința de variație ciclică, dar nestabilă, cu diferențe mari între valorile maxime și minime (circa 70%).

Din curbele prezentate se poate constata că abaterea de tensiune urmărește fidel variația puterii reactive, atingînd valori de pînă la 11% din valoarea nominală, deci mult peste limita admisă de norme.

Înregistrările au fost efectuate pentru cazul în care variația parametrilor de regim în nodul rețelei a fost aceea impusă de regimul consumatorului, fără intervenția vreunui mijloc de reglaj.

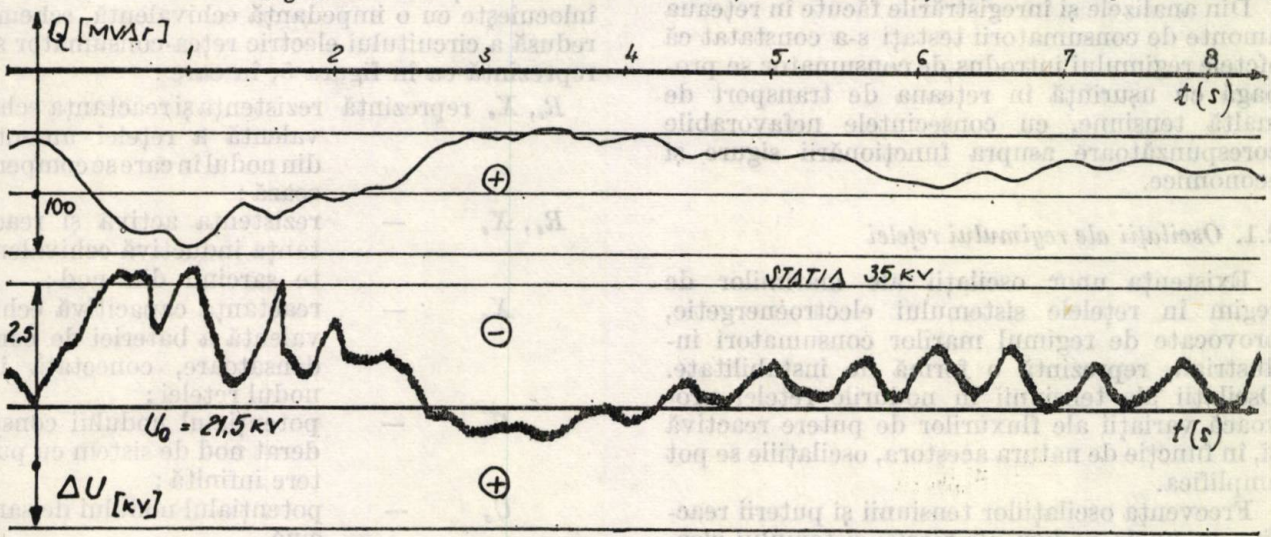


Fig. 3

Analiza armonică efectuată pe partea de medie tensiune la consumatorul testat atestă prezenţa unui regim deformant pronunţat. Pentru ilustrare se prezintă, în figura 4, forma undei de

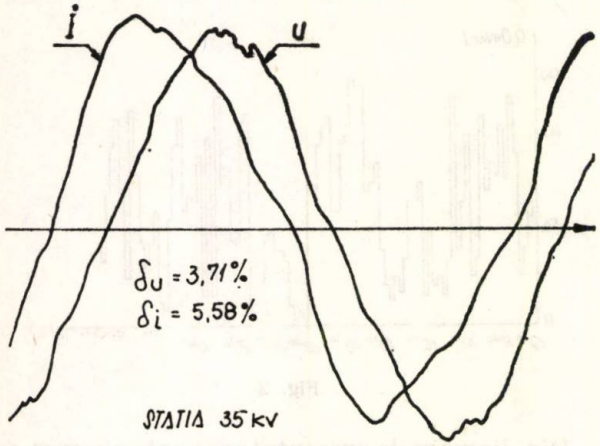


Fig. 4

curent şi tensiune, pentru care au fost calculaţi coeficienţii de distorsiune ai undei de tensiune :

$$\delta u = 3{,}71\%$$

$$\delta i = 3{,}58\%$$

În concluzie se poate reţine că tipul de consumator cu specific de cuptor electric cu arc se caracterizează prin variaţii mari, ciclice, nestabile ale puterii reactive consumatoare şi abateri ale tensiunii de alimentare care, în lipsa unor măsuri adecvate de reglaj, pot depăşi limitele admisibile. Prezenţa regimului deformant la acest tip de consumator impune restricţii regimului de compensare a puterii reactive care poate fi asigurat numai cu surse reglabile.

2. Efecte ale regimului deformant şi de consum P, Q la consumatori

Din analizele şi înregistrările făcute în reţeaua amonte de consumatorii testaţi s-a constatat că efctele regimului introdus de consumator se propagă cu uşurinţă în reţeaua de transport de înaltă tensiune, cu consecinţele nefavorabile corespunzătoare asupra funcţionării sigure şi economice.

2.1. *Oscilaţii ale regimului reţelei*

Existenţa unor oscilaţii ale mărimilor de regim în reţelele sistemului electroenergetic, provocate de regimul marilor consumatori industriali, reprezintă o formă de instabilitate. Oscilaţii ale tensiunii în nodurile reţelei provoacă variaţii ale fluxurilor de putere reactivă şi, în funcţie de natura acestora, oscilaţiile se pot amplifica.

Frecvenţa oscilaţiilor tensiunii şi puterii reactive în unele noduri ale reţelei sistemului electroenergetic conduce la necesitatea existenţei unui reglaj rapid al tensiunii şi puterii reactive la consumator. Din acest punct de vedere pot fi utilizate compensatoarele sincrone sau sursele statice de compensare.

2.2. *Pierderi suplimentare în transportul şi distribuţia energiei electrice*

În absenţa surselor locale reglabile de putere reactivă în nodurile reţelei, balanţele de putere reactivă se acoperă prin reglajul existent la generatoarele din sistem în principal, astfel că fluctuaţiile de putere reactivă în reţele provoacă pierderi suplimentare de energie electrică în transport şi distribuţie.

Din experimentările efectuate pînă în prezent a rezultat că supracompensarea introduce regimuri deformante în reţea, cu consecinţele corespunzătoare. Ca urmare, valoarea componentei fixe a puterii compensate în nod trebuie astfel aleasă pentru a nu conduce la regimuri de supracompensare şi totodată tensiunea în nodul reţelei trebuie menţinută în banda admisibilă. De aici rezultă că la consumatorii cu regim variabil al consumului de putere reactivă este necesară instalarea unor surse reglabile de putere reactivă, necesitate impusă atît de reducerea pierderilor de energie în reţele, cît şi de menţinerea nivelurilor optime de tensiune în nodurile reţelei.

2.3. *Supratensiuni şi supracurenţi de rezonanţă*

În cadrul unei unde deformate poate predomina una sau mai multe armonici de ordin superior.

Pentru evaluarea gradului de deformare a undei de tensiune şi curent, se utilizează următorii indicatori :

— coeficientul de distorsiune al undei de tensiune ;

— coeficientul de distorsiune al undei de curent.

Dacă reţeaua din amonte de consumator se înlocuieşte cu o impedanţă echivalentă, schema redusă a circuitului electric reţea-consumator se reprezintă ca în figura 5, în care :

R_e, X_e reprezintă rezistenţa şi reactanţa echivalentă a reţelei amonte din nodul în care se compensează ;

R_s, X_s — rezistenţa activă şi reactanţa inductivă echivalente sarcinii din nod ;

X_c — reactanţa capacitivă echivalentă a bateriei de condensatoare, conectată în nodul reţelei ;

U_e — potenţialul nodului considerat nod de sistem cu putere infinită ;

U_s — potenţialul nodului de sarcină.

Rezonanța pe tensiune se verifică pe circuitul I din figura 5. Din condiția de rezonanță-serie pentru armonica de ordin ν, $X_c(\nu) = X_e(\nu)$ se calculează puterea reactivă, a cărei reactanță echivalentă conduce la rezonanță pe armonica de ordin ν:

$$Q_c^U(\nu) = \frac{1}{X_e(\nu)} \cdot |U_s|^2 \qquad (1)$$

Valorile astfel calculate pentru bateriile de condensatoare, funcție de ponderea armonicii de ordinul ν, urmează a fi evitate la elaborarea proiectului de instalare.

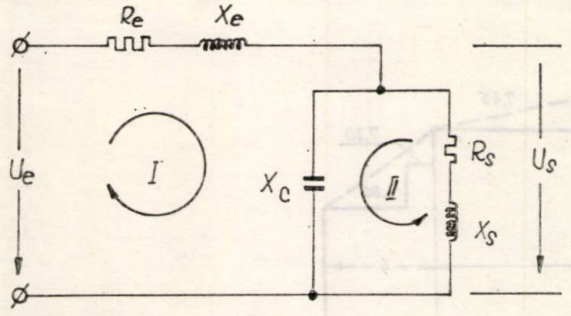


Fig. 5

Rezonanța pe curent se verifică pe circuitul paralel II din figura 5.

Condiția de rezonanță paralel derivă din egalitatea susceptanțelor echivalente capacitivă și inductivă ale acesteia.

Din condiția de rezonanță paralel se deduce:

$$\frac{X_s(\nu)}{R_s^2 + X_s^2(\nu)} - \frac{1}{X_c(\nu)} = 0$$

Puterea bateriei de condensatoare a cărei impedanță echivalentă la rezonanța paralel se calculează prin expresia:

$$Q_c^I(\nu) = B_c(\nu) \cdot |U_s|^2 \qquad (2)$$

În general se constată că:

— rezonanța-serie apare pentru valori mari (de ordinul MVAr) ale lui Q_c^U la bateriile de condensatoare, ceea ce de regulă se întîlnește foarte rar în exploatare; deci efectele pot apărea pe armonici de ordin foarte mare;

— rezonanța paralel apare pentru valori mici (de ordinul kVAr) ale lui Q_c^I la bateriile de condensatoare, ceea ce de regulă se poate întîlni mai des în exploatare, cu efecte pe armonici de ordin inferior.

2.4. *Alte efecte*

În afară de efectele analizate ale prezenței armonicilor superioare, în rețeaua sistemului electroenergetic se mai reținu calitativ următoarele:

a) Influența nefavorabilă asupra funcționării protecțiilor (în special cele de distanță) și a automaticii de sistem.

b) Funcționarea eronată a aparaturii de măsură a mărimilor de regim din rețele și a contoarelor de energie electrică.

c) Influența negativă asupra funcționării instalațiilor de telefonie pe înaltă frecvență din sistemele electroenergetice.

Pentru evaluarea acestor efecte sînt necesare cercetări adecvate.

3. Compensarea puterii reactive în rețele cu considerarea efectelor regimului electric la consumatori

3.1. *Indicatori necesari stabilirii regimului optim de compensare*

Măsurătorile, înregistrările și analizele efectuate au confirmat că o foarte mare parte din tipurile de consumatori industriali cu putere mare și foarte mare, instalate în receptoare sau cumulate pe barele rețelei de alimentare, au un regim variabil de consum P, Q, în ciclu sau aleatoriu. Regimul de tensiune pe bara rețelei de alimentare este de asemenea variabil, ceea ce poate conduce la fluctuații ale mărimilor de regim ale sistemului electroenergetic. Prezența regimului deformant și propagarea acestuia în rețeaua de alimentare impun condiții restrictive în stabilirea regimului de compensare în nodurile rețelei de alimentare a consumatorilor.

Pentru caracterizarea regimului electric al consumatorilor, la stabilirea compensării în nodurile rețelei s-a ținut seama de o serie de indicatori, și anume:

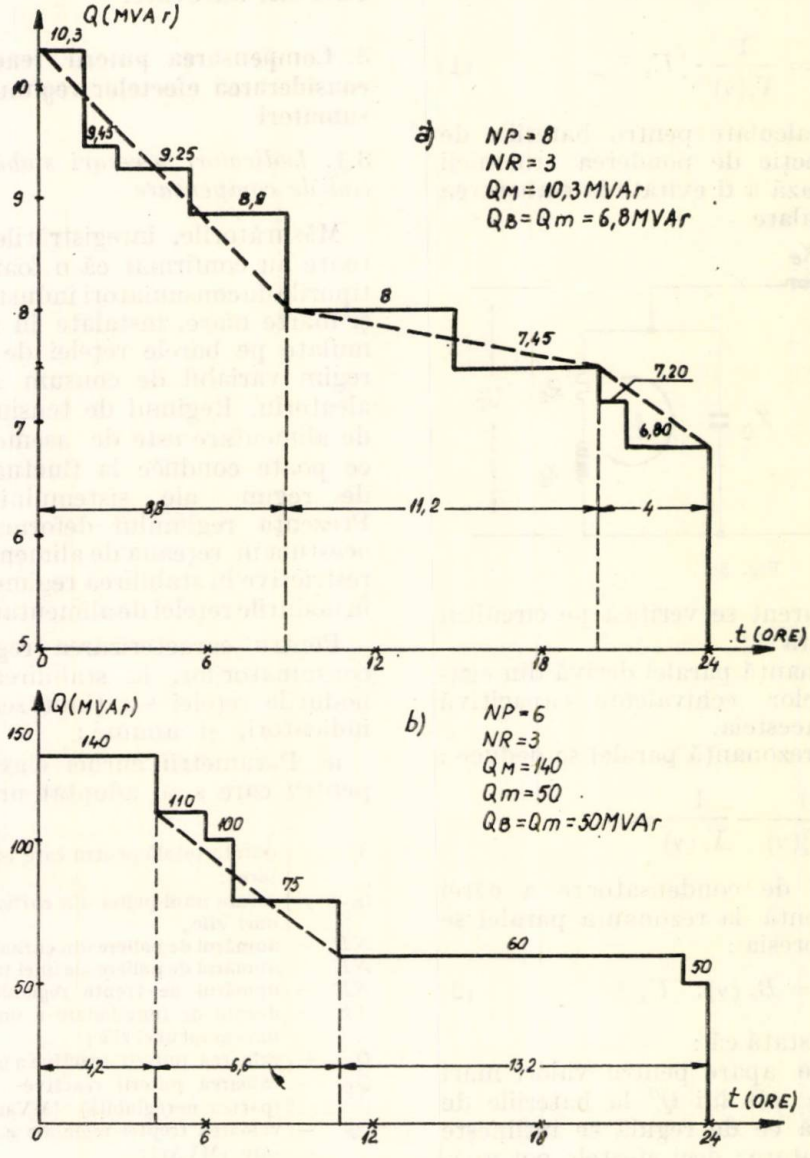
a) Parametrii curbei clasate de consum Q, pentru care s-au adoptat următoarele notații:

T	—	durata totală pentru care s-a construit curba clasată [ore];
t_k	—	durata unui palier din curba clasată [ore] din cursul unei zile;
NP	—	numărul de paliere din curba clasată;
NK	—	numărul de paliere ale unei trepte reglabile;
NR	—	numărul de trepte reglabile din curba clasată;
TR	—	durata de funcționare a unei trepte reglabile [ore] din cursul unei zile;
Q_k	—	valoarea puterii reactive a palierului k [MVAr];
Q_B	—	valoarea puterii reactive la baza curbei clasate (partea nereglabilă) [MVar];
Q_R	—	valoarea treptei reglabile a mijloacelor de compensare [MVAr];
Q_M	—	valoarea maximă [MVAr];
Q_m	—	valoarea minimă [MVAr];
300	—	durata de funcționare a sursei de compensare [zile];
7200	—	aceeași durată [ore];

În figura 6 sînt date curbele clasate Q construite pentru un consumator mixt (fig. 6 *a*) și pentru un consumator de tip cuptor cu arc electric (fig. 6 *b*).

b) Pentru indicatorii regimului deformant s-au adoptat valorile impedanței echivalente a rețelei amonte de nodul compensat $Ze(\nu) = \mathrm{Re} + jXe$, [Ω], calculate pentru fiecare armonică superioară ν, coeficientul de distorsiune al undei de tensiune și curent, precum și conținutul armonicilor preponderente și puterile de rezonanță serie și paralel.

c) Pentru aprecierea efectelor compensării în sistemul electroenergetic se deduce în fiecare nod al rețelei indicele de eficiență, notat cu e [MWh/MVAr].



Curbe caracteristice clasate
a) consumator mixt
b) consumator cu specific de cuptor cu arc
Fig. 6

d) Se mai reţin, de asemenea, o serie de indicatori tehnico-economici deduşi în baza unor cercetări anterioare şi reglementaţi prin normative şi instrucţiuni de proiectare, după cum urmează :

K_{ex} — coeficientul cheltuielilor anuale de exploatare (PE—011/1975) [mii lei/MVAr];

K_{am} — coeficientul ratei anuale de amortizare (PE—011/1975) [mii lei/MVAr];

C_{is} — costul investiţiei specifice în instalaţii de compensare a puterii reactive (PE—011/1975) [mii lei/MVAr];

C_e — costul pierderilor de energie electrică în reţeaua sistemului electroenergetic (PE—011/1975) [mii lei/MWh];

ΔP_c — pierderile specifice în mijloacele de compensare.

Aşa cum se poate observa, pe curbele clasate sînt marcate treptele reglabile ale puterii reactive, reprezentate sub formă de drepte în pantă, cuprinzînd fiecare cîte un număr de Nk paliere.

În continuare problema de rezolvat se produce la stabilirea regimului optim de compensare în nod, ţinîndu-se seama de indicatorii deduşi, res-

pectiv a valorilor puterii capacitive în mijloace fixe şi mijloace reglabile de compensare.

3.2. *Calculul componentei fixe a puterii reactive compensate în nodul reţelei*

Valoarea componentei fixe a puterii reactive compensate în nod se deduce din expresia derivată a cheltuielilor totale, exprimată în funcţie de valoarea Q_B a mijloacelor fixe de compensare, care are expresia :

$$\frac{\partial C}{\partial Q_B} = \frac{\partial}{\partial Q_B}\left[(k_{ex}+k_{am})\cdot C_{is}\cdot Q_B + C_e(\Delta E_c + \Delta E_R)\right], \tag{3}$$

în care

ΔE_c sînt pierderile anuale de energie electrică în mijloacele de compensare [MWh];

$$\Delta E_c = 7200\cdot \Delta P_c \cdot Q_B \tag{4}$$

ΔE_R — pierderile anuale de energie electrică în reţea [MWh];

$$\Delta E_R = 300\cdot \frac{R_e}{|U|^2}\sum_{K=1}^{NP}(Q_K - Q_B)^2 t_K + e\sum_{K=1}^{NP}(Q_K - Q_B)\cdot\frac{t_K}{T} \tag{5}$$

Din relaţia (3) se calculează puterea reactivă de compensat în mijloace fixe :

$$Q_B = Q_{med} - \frac{\alpha - C_e\cdot e}{2\beta\cdot T}, \tag{6}$$

în care

$$Q_{med} = \frac{1}{T}\sum_{K=1}^{NP} Q_K\cdot t_K \tag{7}$$

$$\alpha = (k_{ex}+k_{am})\cdot C_{is} + 7200\cdot C_e\cdot \Delta P_c \tag{8}$$

$$\beta = \frac{300\cdot R_e\cdot C_e}{|U|^2} \tag{9}$$

Rezultatele obţinute prin calcule sînt interpretate după cum urmează :

a) Dacă $Q_B > Q_m$, rezultă, din punctul de vedere al eficienţei în sistem, supracompensare în nodul reţelei, totodată şi oportunitatea instalării mijloacelor reglabile de putere reactivă în scopul evitării supracompensării. În felul acesta, prin adoptarea unei soluţii $Q_s = Q_m$, durata de recuperare a investiţiei în mijloace fixe de compensare rezultă mai mică decît durata de viaţă a acestora.

b) Dacă $Q_B \leqslant Q_m$, rezultă nerentabilitatea supracompensării în nod. În acest caz, oportunitatea instalării mijloacelor reglabile de putere reactivă ar fi justificată din considerante tehnice de siguranţă şi calitate a producerii şi furnizării energiei electrice.

În cazul existenţei regimului deformant, valoarea astfel calculată a puterii reactive Q_B se verifică să nu fie egală cu valoarea puterilor de rezonanţă a armonicilor superioare preponderente.

Se face menţiunea că în metoda utilizată s-a adoptat ipoteza că tensiunea rămîne constantă, ceea ce corespunde unui regim reglat corespunzător al puterii reactive în nod.

3.3. *Calculul puterii optime a fiecărei trepte reglabile a mijloacelor de compensare*

Ţinînd seama de faptul că durata funcţionării mijloacelor fixe de compensare Q_B este permanentă, justificarea tehnico-economică a treptei reglabile se face numai pentru diferenţa $Q_R = Q_T - Q_B$, în care Q_T reprezintă o valoare fictivă a puterii totale compensate în nod.

Dacă indicatorii regimului electric al consumului din nodul reţelei, nominalizaţi la pct 3.1, sînt daţi pentru o treaptă reglabilă din curba clasată de consum Q, atunci calculul valorii optime Q_R se face pentru fiecare treaptă de reglaj în parte. Expresiile de calcul şi raţionamentul sînt aceleaşi ca la punctul 3.2, cu deosebirea că Q_B se înlocuieşte cu Q_R.

Expresiile pierderilor de energie electrică anuale devin după cum urmează :

$$\Delta E_C = 300\cdot TR\cdot \Delta P_C\cdot Q_R \tag{10}$$

$$\Delta E_R = 300\frac{R_e}{|U|^2}\cdot\sum_{K=1}^{NK}\left[(Q_K - Q_B) - Q_R\right]^2\cdot t_K + e\cdot\sum_{K=1}^{NK}\left[(Q_K - Q_B) - Q_R\right]\cdot\frac{t_K}{TR}$$

În felul acesta se deduce expresia puterii economice a treptei de reglaj ;

$$Q_R = Q_{med} - Q_B - \frac{\alpha - e\cdot C_e}{2\beta\cdot T} \tag{12}$$

în care, de data aceasta :

$$Q_{med} = \frac{1}{TR}\cdot\sum_{K=1}^{NK} Q_K\cdot t_K \tag{13}$$

Interpretarea rezultatelor obţinute pentru fiecare treaptă reglabilă din curba clasată se poate face după cum urmează :

a) Dacă $Q_R + Q_B \geqslant Q_{med}$, oportunitatea treptei reglabile se justifică tehnico-economic.

b) Dacă $Q_R + Q_B < Q_{med}$, oportunitarea treptei reglabile nu se justifică, deoarece durata acesteia de funcţionare TR este mică în comparaţie cu

24 ore. În acest caz treapta respectivă se include în cea imediat inferioară.

Pentru două cazuri studiate, din calculul componentei fixe a puterii reactive compensate a rezultat $Q_B \geq Q_m$, adoptîndu-se în felul acesta soluţia pentru compensare la bază $Q_B = Q_{m1}$ (puterea minimă a primei trepte de reglaj).

Valorile puterilor reactive ale treptelor de reglaj al mijloacelor de compensare sînt foarte sensibile, funcţie de indicele de eficienţă e şi de costurile investiţiei specifice C_{is}, în special. De aceea este de reţinut că aceşti indicatori trebuie să fie determinaţi cu cea mai mare precizie în vederea asigurării fidelităţii rezultatelor obţinute.

Concluzii

1. Din măsurătorile, înregistrările şi analizele efectuate la un număr de consumatori industriali a rezultat că regimul de consum al puterii reactive este variabil, fiind caracterizat mai fidel de graficul zilnic caracteristic de consum şi de curba înregistrată funcţie de natura procesului tehnologic al consumatorului.

2. La stabilirea regimului optim de compensare în nodurile reţelelor, trebuie să se ia în considerare toate efectele regimului electric al consumatorului asupra sistemului electroenergetic.

3. Din exemplele de calcul prezentate rezultă oportunitatea utilizării mijloacelor reglabile de compensare a puterii reactive în nodurile reţelei.

4. În domeniul optimizării producţiei şi circulaţiei fluxurilor de putere reactivă în reţelele sistemului electroenergetic, cu considerarea efectelor în sistem a regimului electric de la consumator, mai sînt încă rezerve neexplorate.

Bibliografie

[1] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii*, vol. 1 şi 2, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1974.

[2] Bercovici, M., Arie, A. şi Poeată, Al. *Reţele electrice*. Editura tehnică, Bucureşti, 1974.

[3] Glazunov, A. A. *Sisteme şi reţele electrice*. Gosenergoizdat, 1954.

[4] Barnes, M. H. *Modelarea sistemelor de compensare statică pentru analiza reţelelor electrice*. În: Electra nr. 51, martie 1977.

[5] Crişciu, H., Neagu, V. şi Radu, I. *Procedeu de amplasare a surselor de putere reactivă în interiorul unui combinat industrial*. Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice a IPC, Bucureşti, 12—13 aprilie 1974.

Soluţii pentru optimizarea nivelului de pierderi în distribuţia energiei electrice şi eficienţa lor economică

Conf. dr. ing. P. Buhuş *)

1. Premise

În scopul reducerii consumurilor tehnologice din instalaţiile de distribuţie a energiei electrice, în primul rînd se recurge la măsuri privind o mai judicioasă organizare a exploatării. În continuare pot fi utilizate o serie de soluţii a căror aplicare mai necesită însă şi eforturi de investiţii. Decizia cu privire la adoptarea unor astfel de soluţii este condiţionată în principal de eficienţa lor economică, respectiv de raportul dintre economiile estimate prin reducerea pierderilor şi eforturilor de investiţii cu care aceste economii urmează a fi obţinute.

Datorită importantelor scumpiri ale petrolului pe piaţa mondială, în ultimii ani a crescut simţitor şi eficienţa eforturilor de investiţii destinate micşorării nivelului de pierderi în distribuţia energiei electrice. Totodată, prognozele cu privire la evoluţia preţurilor în deceniul următor constituie o indicaţie asupra faptului că şi în continuare este de aşteptat o tendinţă de scădere a nivelului optim pentru pierderile din instalaţiile de distribuţie a energiei electrice.

În consecinţă, odată cu o continuă optimizare a soluţiilor tehnice, considerăm că la etapa actuală devine indicat să se pună şi problema modelului de calcul al eficienţei investiţiilor suplimentare în condiţiile unui preţ dinamic al pierderilor de energie.

Notaţii

a — rata anuală de actualizare a cheltuielilor;

a_P sau a_S — secţiuni unitare economice, corespunzătoare tranzitului la vîrful de sarcină al unităţii de putere activă sau aparentă;

c_W — costul specific actualizat — corespunzător pierderii unitare de putere la vîrf — al pierderilor de energie pe întreaga durată de serviciu;

j — densitatea economică de curent;

p_0 — preţul specific iniţial al pierderilor de energie la o anumită treaptă de tensiune;

r — rata medie de creştere anuală a preţului specific al pierderilor;

t_s — durate de serviciu normate prin modificarea din dec. 1976 a Legii nr. 62/1968;

τ — durata anuală de calcul al pierderilor;

$T_{t_s/r}$ — valoarea actualizată a duratei de serviciu t_s în condiţiile unei rate medii r de creştere anuală a preţului specific al pierderilor [2].

2. Dimensionarea economică în perspectiva unor creşteri ale costului pierderilor de energie electrică

Drept criteriu de decizie pentru alegerea soluţiei optime din punct de vedere economic, în sectorul energetic este actualmente normat cri-

*) Dr. ing. Pavel Buhuş este conferenţiar la Institutul politehnic Bucureşti.

teriul cheltuielilor minime actualizate cu o rată actuală $a=8\%$ şi totalizate pe întreaga durată de serviciu [1], [2]. În prezent, la dimensionarea staţiilor şi liniilor, ponderea principală în cadrul acestui total revine obişnuit valorii actualizate a cheltuielilor datorate pierderilor.

Este deci de aşteptat ca instalaţiile electroenergetice care în prezent sînt dimensionate optim din punct de vedere economic, ulterior, datorită unor creşteri ale preţului pierderilor, să se dovedească mai puţin economice decît s-a scontat iniţial.

Cu scopul de a reduce abaterile faţă de optim la care ar conduce actualele dimensionări economice, se poate trece la decizii în proiectare pe baza unui *preţ dinamic al pierderilor de energie* [3]. Un astfel de preţ specific ar putea fi caracterizat prin doi parametri: valoarea p_0 din etapa iniţială, precum şi o rată medie de creştere anuală r. Ca urmare, în ipoteza unei pierderi de putere la vîrfurile anuale constantă în lungul întregii durate de serviciu şi egale cu 1 kW, valoarea actualizată a cheltuielilor specifice datorate pierderilor de energie poate fi exprimată prin relaţia:

$$c_W = p_0 \tau \sum_{j=1}^{t_s} \left(\frac{1+r}{1+a}\right)^j \qquad (1)$$

Desigur că o problemă dificilă ar reprezenta-o prognozele periodice cu privire la valorile ratelor r. Menţionăm totuşi că la astfel de estimări atenţia principală ar trebui acordată primilor 7—10 ani, deoarece în cadrul acestei prime perioade ar urma să se realizeze peste 50% din *valoarea actualizată* a totalului cheltuielilor datorate pierderilor.

Cu ajutorul indicatorului

$$T_{t_s/r} = \sum_{j=1}^{t_s} \left(\frac{1+r}{1+a}\right)^j, \qquad (2)$$

ale cărui valori ar fi normate prin aproximaţii periodice, sîntem de părere că *acţiunea de micşorare a nivelului de pierderi* în transportul şi distribuţia energiei electrice *ar putea conduce la un rezultat mai apropiat de optimul economic decît cel care se obţine în ipoteza acţiunii actuale — pentru o rată nulă de creştere a preţului specific al pierderilor.*

3. Instrucţiunea privind alegerea în proiectare şi rocadele ulterioare în exploatare ale transformatoarelor din posturi [4], [5]

În principal, prin această instrucţiune pe care CIRE a difuzat-o IRE-urilor în iunie 1978, se urmăreşte reducerea pierderilor din posturile de transformare în măsura în care efortul suplimentar de investiţii necesar uneori în acest scop rezultă a fi utilizat eficient.

Prevederile instrucţiunii, prezentate în esenţă în cadrul tabelului 1, se referă la cazurile în care încărcările anuale de vîrf sînt în creştere cu o rată medie ce poate varia în limite largi, între zero şi 17%.

Tabelul 1

Limitele economice normate pentru încărcările la vîrful anual de sarcină în cazul transformatoarelor cu ulei şi valorile puterilor nominale din şirul R 5 al numerelor normale

Ipotezele	PT urbane şi rurale	PT industriale cu durate de utilizare a puterii maxime, în ore/an			
		4000	5000	6000	7000
Alegerea în proiectare	0,65	0,60	0,50	0,45	0,40
Înlocuirea în exploatare	1,00	0,95	0,80	0,70	0,65

Efectele economice estimate drept consecinţe ale aplicării acestei noi instrucţiuni credem că justifică popularizarea ei pe o scară largă. Astfel, în ipoteza că doar 10% din puterea instalată în transformatoarele posturilor din ţara noastră s-ar abate cu o singură treaptă de putere nominală în plus sau în minus faţă de optimul economic, aplicarea în toate aceste cazuri a instrucţiunii ar urma să se soldeze *în primul an cu o eficienţă de ordinul a 15 milioane lei.*

O bună parte din aceste beneficii corespund fie economiilor de investiţii în transformatoare — atunci cînd cele înlocuite au fost prea mari — fie investiţiilor în instalaţii energetice, care nu vor mai fi necesare pentru producerea şi transportul unor pierderi de energie electrică — în cazurile în care transformatoarele înlocuite au fost prea mici.

În plus, fracţiunea din totalul economiilor menţionate mai sus corespunzătoare păcurii economisite în centralele electrice urmează să constituie un aport valutar. În ipoteza menţinerii actualului preţ al păcurii pe piaţa mondială, *la finele unui cincinal totalul aportului valutar s-ar putea ridica la circa 2,5 milioane dolari.*

4. Densităţile şi secţiunile unitare economice pentru distribuţia în schelele petrolifere [7], [8]

Conform unui studiu avizat de către Consiliul tehnico-economic al Direcţiei generale pentru petrol şi gaze în septembrie 1978, prin modul în care se concepe şi se construieşte în prezent alimentarea la 500 V a fiecărei noi sonde se acceptă pierderi care, în medie, vor conduce în zece ani de exploatare la cheltuieli totale de ordinul a 44 000 lei.

În scopul micşorării acestor cheltuieli DGAPG a avizat normalizarea indicatorilor indicaţi în

tabelul 2. Totodată, pentru a simplifica calculul la proiectarea distribuţiilor din schelele petrolifere, a fost recomandată utilizarea unui nou indicator, *secţiunea unitară economică*

$$a_P = \frac{1}{\sqrt{3}\, U_n\, j \cos \varphi} \qquad (3)$$

cu valorile exprimate în mm²/kW, în ipoteza unui factor de putere de ordinul 0,9.

Menţionăm că în distribuţiile din schelele noastre petrolifere, durata de utilizare a puterii maxime este în majoritatea cazurilor de ordinul a 7 500 ore/an. Ca urmare — corespunzător preţului de 1000 lei/t c.c. transmis de MAGF în vederea studiilor privind economia de energie — densităţile economice de curent j au rezultat de ordinul 0,3—0,4 A/mm². După cum rezultă din tabelul 2, aceste valori sînt foarte apropiate de cele indicate în graficele din prescripţia PE 135/1975 [6]. Aceasta se datoreşte compensării în final a efectelor mai multor parametri, care, în cele două cazuri analizate, au valori sensibil diferite.

Considerăm indicat de subliniat că în ipoteza exploatării şi în anii următori a liniilor electrice aeriene nou construite în schele la tensiunea de 500 V, *durata de recuperare a investiţiilor suplimentare* —pentru creşterile de secţiuni conductoare care devin necesare în raport cu practica actuală — *rezultă de ordinul unui singur an.*

Tabelul 2

Secţiunile unitare şi densităţile economice de curent normalizate pentru dimensionarea distribuţiilor din schelele petrolifere

Tipul constructiv al liniilor	j A/mm²	jPE_{75}/j	a_P în mm²/kW, corespunzător tensiunilor de exploatare în kV:		
			0,50	0,66	1,14
LEA cu izolaţie pentru 1 kV şi 3 conductoare din Al neizolate	0,29	1,00	4,4	3,3	2,0
LEC tip ACYABY 1 kV	0,39	1,15	3,3	2,5	1,5
LEA cu izolaţie pentru 20 kV şi conductoare din OL—Al	0,36	0,97	15: 0,12		20: 0,09

5. Normalizarea treptei de 1140 V pentru distribuţiile din schelele petrolifere şi din mine [7], [8]

Trecerea la o treaptă de tensiune superioară este o metodă care se foloseşte de multă vreme în scopul micşorării consumurilor tehnologice. Sînt însă destul de rare cazurile în care această metodă poate fi aplicată fără creşterea nivelului de izolaţie al liniilor de transport sau distribuţie şi deci fără importante eforturi de investiţii în acest scop.

Astfel, liniile electrice de distribuţie a energiei care funcţionează la tensiuni nominale de ordinul sutelor de voţi, cel mai adesea au dimensionată izolaţia pentru funcţionarea la o tensiune maximă de serviciu egală cu 1250 V. Printr-o folosire integrală a acestui nivel de izolaţie — respectiv prin creşterea tensiunii de exploatare în schelele noastre petrolifere de la 500 V la 1140 V şi totodată prin dimensionarea conductoarelor cu ajutorul secţiunilor unitare economice a_P, prezentate în tabelul 2, s-ar putea obţine simultan două importante avantaje economice :

— *micşorarea cheltuielilor datorate consumurilor tehnologice proprii* cu 56%, avîndu-se în vedere că în cazul dimensionării cu ajutorul densităţilor economice pierderile variază invers proporţional cu valoarea tensiunii la care se face exploatarea ;

— în ipoteza menţinerii aceleiaşi capacităţi de transport a energiei electrice, totodată *se mai pot reduce şi secţiunile conductoare, iar odată cu aceasta efortul iniţial de investiţii în liniile de distribuţie din schele.*

În cazul schelelor noastre petrolifere, economiile care ar urma să se obţină prin reducerea secţiunilor la liniile aeriene nou construite în timp de un an s-ar putea ridica la circa 4—6 milioane lei. Avînd în vedere şi economia de ordinul a 2 milioane lei în capacităţi de producţie din centralele electrice, care nu vor mai fi necesare pentru producerea de pierderi, s-ar putea realiza economii de investiţii de ordinul a 6—8 milioane lei/an.

În plus, prin micşorarea cu 56% a cheltuielilor datorate pierderilor de energie în lungul unei durate medii de zece ani de exploatare a sondelor, s-ar mai putea obţine o economie de 18 milioane lei. Din acest total, aportul valutar estimat la actualele preţuri pe piaţa mondială s-ar putea ridica la un total de 0,9—1 milion dolari.

Însumînd efectul iniţial cu cel din următorii zece ani de exploatare, eficienţa trecerii de la 500 V la alimentarea cu 1140 V numai a noilor sonde trecute în pompaj în timp de un an se poate ridica la un total de ordinul 7 + 18 = 25 milioane lei/an. Menţionăm că în cazul recalculării cu rata a = 8% a economiilor de 18 milioane lei eşalonate în lungul a zece ani de exploatare, *economia totală actualizată la nivelul efortului pe care îl facem în prezent pentru progresul economiei noastre naţionale* [2] *s-ar putea exprima printr-un total de ordinul a 20 milioane lei actuali/an.*

Trecerea la tensiunea de 1140 V şi în noile exploatări carbonifere se estimează că ar conduce cel puţin la o dublare a beneficiilor antecalculate. Subliniem acest lucru, pentru că, în special la distribuţiile carbonifere din U.R.S.S., R. P. Polonă, R.F.G., Franţa şi Anglia, se constată

în ultimii 5—10 ani o pronunţată tendinţă de trecere la tensiuni de ordinul 1100 — 1140 V.

La numai zece ani după ce CEI a recomandat tensiunea de 660 V = $\sqrt{3}$.380 V, această treaptă a ajuns să fie considerată aproape în întreaga lume ca fiind o soluţie optimă pentru alimentarea motoarelor cu puteri nominale între 0,5—500 kW, în toate cazurile în care consumatorii de forţă sînt concentraţi în hale industriale sau pe suprafeţe nu prea întinse.

Pentru cazul consumatorilor de forţă dispersaţi pe suprafeţe ceva mai mari, încă de pe la sfîrşitul anilor '60 în mai multe ţări europene se constată o preferinţă tot mai accentuată pentru distribuţia la 1140 V = $\sqrt{3}$.660 V.

Ca urmare, după ce prin STAS 930/75 a fost normalizată treapta de 660 V, *la etapa actuală mai considerăm indicată standardizarea treptei de 1140 V* în categoria valorilor denumite odinioară „tensiuni joase".

Cît priveşte eforturile economice suplimentare pentru punerea la punct a fabricaţiei seriilor de motoare de 660/1140 V şi a altor cîteva echipamente care vor mai fi necesare în acest caz, estimările de mai sus — care au fost avizate de DGAPG — arată că aceste eforturi ar urma să fie destul de repede recuperate. Totodată, pe această cale se mai pot crea şi disponibilităţi suplimentare la export, atît de păcură — cea care nu va mai fi arsă în centrale pentru producere de pierderi — cît şi de echipamente cu tensiunea nominală de 1140 V, a căror cerere ne aşteptăm să fie în creştere pe piaţa mondială.

Bibliografie

[1] * * * M.E.E. PE 011/75. *Normativ de calcul comparativ tehnico-economic la instalaţiile de producere şi transport al energiei electrice.* ICEMENERG, Bucureşti, 1976.

[2] Buhuş, P. *Locul şi rolul actualizărilor în optimizarea eficienţei acţiunilor tehnico-economice.* În: Revista economică, nr. 39, 29 sept. 1978, p. 12—13.

[3] Buhuş, P. *Cum pot fi diminuate pierderile de energie electrică pe liniile de transport.* În: Revista economică, nr. 26, 1 iulie 1977, p. 9—11.

[4] Buhuş, P. *Premisele teoretice ale Instrucţiunii privind alegerea în proiectare şi înlocuirile ulterioare în exploatare ale transformatoarelor din posturi.* În: Energetica, 26, nr. 7—8, 1978, p. 267—274.

[5] Buhuş, P. *O cale eficientă de micşorare a pierderilor de energie. Economii prin rocada transformatoarelor din posturi.* În: Revista economică, nr. 26, 30 iunie 1978, p. 10.

[6] * * * M.E.E. PE 135/75. *Instrucţiuni privind determinarea secţiunii economice a conductoarelor în instalaţiile electrice de distribuţie de 1—110 kV.* ICEMENERG, Bucureşti, 1975.

[7] Buhuş, P. *Studiu privind densităţile economice pentru dimensionarea reţelelor aeriene şi în cablu din Schela Videle şi din schelele petrolifere cu caracteristici similare.* Institutul politehnic Bucureşti, 1978.

[8] Buhuş, P. *Posibilităţi de economisire a energiei electrice în industria extractivă de ţiţei.* În: Revista economică, nr. 34, 25 august 1978, p. 11—12.

Alegerea structurii şi soluţiilor pentru reţelele urbane de alimentare cu energie electrică de medie şi joasă tensiune

ing. **T. Albert**,
ing. **M. Bogan**,
ing. **D. Hristea**,
subing. **M. Geantă**,
ing. **V. Livezeanu***

În anul 1977, CIRE—SCP a întocmit „Directivele tehnice privind concepţia de dezvoltare a reţelelor electrice orăşeneşti. Îmbunătăţirea structurii reţelelor de distribuţie".

În esenţă, lucrarea stabilea criteriile şi metodele pentru alegerea soluţiilor optime de dezvoltare a reţelelor electrice urbane pentru o perioadă de 10—15 ani, ţinînd seama de dezvoltarea în ritm rapid a construcţiilor de locuinţe, cît şi de evoluţia corespunzătoare a consumului de putere şi energie electrică.

Lucrarea de faţă, care constituie rezultatul unei detaliate analize tehnico-economice din punctul de vedere al asigurării continuităţii în funcţionare, al consumului propriu tehnologic, al investiţiilor şi în final al cheltuielilor totale actualizate, îşi propune să stabilească configuraţia optimă de adoptat pentru reţelele de distribuţie de joasă tensiune în cvartalele noilor blocuri de locuinţe dotate cu instalaţii pentru bucătării electrice.

Ca urmare a analizei efectuate din aceste puncte de vedere, se desprind unele concluzii ce vor fi incluse în redactarea definitivă a directivelor tehnice.

1. Concepţia de bază a studiului

Criteriul general de alegere a soluţiei optime din punctul de vedere al configuraţiei, pentru reţelele electrice de distribuţie publică, este cel al cheltuielilor totale actualizate minime, realizate în condiţiile respectării unor norme tehnice şi de siguranţă prestabilite, echivalente pentru diferitele variante studiate.

Deci problema cheie constă în a găsi cheltuielile totale actualizate minime pentru o calitate a serviciilor dată.

Avînd în vedere faptul că oportunitatea adoptării unor soluţii noi trebuie justificată

*) Ing. Teodor Albert, ing. Dan Hristea, subing. Marian Geantă şi ing. Victor Livezeanu lucrează în cadrul SCP din Centrala industrială de reţele electrice; ing. Magda Bogan lucrează la ISPE.

printr-o complexă analiză tehnico-economică şi de siguranţă în funcţionare, s-au ales pentru analiză variantele de configuraţii la joasă tensiune care acoperă situaţiile existente sau preconizate a se realiza în ţara noastră, în ceea ce priveşte tipul locuinţelor şi densitatea de sarcină corespunzătoare din noile zone urbane.

Analiza s-a efectuat cu ajutorul unor procedee de modelare şi programe de calcul elaborate în acest scop de către ISPE.

Prin modelare s-au obţinut lungimile de cabluri de medie şi joasă tensiune, numărul şi puterea posturilor de transformare MT/JT, pe baza acestora determinîndu-se în continuare toate celelalte elemente pentru fiecare zonă şi variantă în parte.

Lucrarea şi-a propus să analizeze, din punctul de vedere al criteriilor de siguranţă, întregul lanţ al reţelelor de alimentare a consumatorilor urbani, adică: linie de înaltă tensiune de alimentare din sistem, staţii de transformare de IT/MT, linii de medie tensiune, posturi de transformare MT/JT şi reţele de joasă tensiune.

După alegerea variantelor care corespund prevederilor din normativul PE 013/73, s-a procedat la compararea tehnico-economică a variantelor care satisfac condiţiile cerute.

*

Zonele analizate au un caracter rezidenţial avînd aceeaşi suprafaţă (0,175 km²) şi diferă prin numărul de niveluri al blocurilor (P + 4 şi P + 8), cît şi din punctul de vedere al gradului de ocupare a terenului (*A* = grad redus, *B* = grad ridicat).

Rezultă astfel următoarele tipuri de zone:

1) *A* — 4, zonă P + 4, cu grad redus de ocupare a terenului (920 apartamente fizice, corespunzînd unor densităţi de construcţie de 5250 ap./km²);

2) *B* — 4, zonă P + 4, cu grad ridicat de ocupare a terenului (1300 apartamente fizice, corespunzînd la 7420 ap./km²);

3) *A* — 8, zonă P + 8, cu grad redus de ocupare a terenului (1655 ap. fizice, corespunzînd la 9460 ap./km²);

4) *B* — 8, zonă P + 8, cu grad ridicat de ocupare a terenului (2340 ap. fizice, corespunzînd la 13356 ap./km²).

Sarcina electrică de calcul s-a considerat în toate variantele de 7 kW/ap., conform „Directivelor tehnice", corespunzînd unor blocuri de locuinţe racordate la reţeaua publică de termoficare şi avînd instalaţii pentru gătitul electric.

S-a luat de asemenea în considerare sarcina corespunzătoare ascensoarelor (la blocurile P + 8), pompelor de incendiu, hidrofoarelor, iluminatul scărilor etc.

Nu s-a luat în considerare iluminatul public şi nici alţi consumatori ca: magazine, şcoli, creşe etc.

Densitatea de consum în zonă, pentru fiecare variantă de construcţii analizată, este:

1) *A* — 4 : 12,1 MVA/km²
2) *B* — 4 : 17,2 MVA/km²
3) *A* — 8 : 22,8 MVA/km²
4) *B* — 8 : 32,1 MVA/km²

Pentru *reţeaua de medie tensiune* a fost adoptată o singură variantă de configuraţie, şi anume „în buclă simplă" (cu alimentare de la două capete) şi funcţionare radială.

Alimentarea reţelei de medie tensiune se face fie de la două staţii de transformare IT/MT distincte, fie de la două secţiuni de bare diferite ale aceleiaşi staţii de transformare.

Posturile de transformare sînt echipate cu o singură unitate, cu puteri cuprinse între 160 şi 630 kVA.

Alimentarea posturilor de transformare MT/JT se face tip „intrare-ieşire".

Reţeaua de joasă tensiune, care constituie de fapt obiectul principal al studiului tehnico-economic comparativ, comportă patru variante de configuraţii diferite, practic toate variantele posibile:

a) radială;
b) simplu buclată (buclare longotransversală);
c) complex buclată;
d) fără reţea de joasă tensiune exterioară (imobilului).

2. Indicatori de siguranţă

Analiza siguranţei în funcţionare a reţelelor electrice urbane se face în scopul asigurării unui nivel minim de continuitate, pentru care au fost stabiliţi următorii indicatori (tabelul 4 — PE — 013/73):

Categoria centrului	Întreruperi de manevră ($t \leq$ 2min) (nr./an)	Întreruperi forţate de durată	
		Număr	Durata întreruperii
		nr./an şi post	min/an şi post
I. Oraşe cu peste 10 000 locuitori	4	0,15	120
II. Oraşe cu sub 10 000 locuitori şi aglomerări rurale	8	1	400

Instalaţiile energetice se pot împărţi, după structura şi nivelul lor de rezervare, în cinci mari categorii corespunzînd la 5 grade de con-

tinuitate (asigurare) în alimentarea consumatorilor :

— grad 1 — o singură cale de alimentare. În caz de defect, abonaţii sînt întreruptţi pe toată durata reparaţiei elementelor avariate ;

— grad 2 — două sau mai multe căi de alimentare. Întreruperea durează doar timpul de manevră locală, sarcina putînd fi preluată pe o altă cale de alimentare ;

— grad 3 — două sau mai multe căi de alimentare. Comenzile la distanţă permit să se realizeze manevra în timp foarte scurt (cîteva minute). Deci se limitează durata întreruperii ;

— grad 4 — două sau mai multe căi de alimentare. Automatizările din reţea permit să se facă aceleaşi manevre în cîteva secunde. Practic, deci, consumatorii nu „simt" aceste întreruperi ;

— grad 5 — două sau mai multe căi de alimentare funcţionînd buclat, permit ca la întreruperea uneia dintre ele consumatorii să rămînă alimentaţi. Nu pot fi însă eliminate variaţiile de tensiune.

Alimentarea reţelelor electrice urbane se realizează din reţeaua de înaltă tensiune (220, 110 kV) prin staţii de transformare IT/MT, linii de medie tensiune, posturi de transformare MT/JT şi reţea de joasă tensiune.

Fiecare dintre aceste elemente ale lanţului de alimentare a consumatorilor urbani poate prezenta oricare dintre cele cinci grade de continuitate.

Spre exemplu, reţeaua de joasă tensiune radială este de gradul 1. O reţea de joasă tensiune buclată longitudinal (legătură pe joasă tensiune între două posturi de transformare vecine), dar cu funcţionare radială, la care realimentarea consumatorilor se face prin manevre manuale, este de gradul 2. O reţea de joasă tensiune complex buclată este de gradul 5.

Întrucît valorile indicatorilor totali de siguranţă sînt influenţate de gradul de siguranţă al fiecărei trepte din lanţ, în lucrarea de faţă s-a urmărit o integrare a reţelelor electrice urbane de joasă tensiune în ansamblu, în scopul evidenţierii posibilităţilor fiecărui tip de configuraţie de reţea de joasă tensiune şi corelării lui cu celelalte elemente ale lanţului de alimentare.

În lucrare s-au analizat cîteva scheme caracteristice de alimentare a oraşelor, în care s-au adoptat :

— Pentru *reţeaua de înaltă tensiune* : scheme cu gradul de continuitate 1, 4 şi 5, cu scopul de a evidenţia importanţa structurii reţelelor de 110 kV în obţinerea indicatorilor de siguranţă pe ansamblu.

— Pentru *staţiile 110 kV/MT* s-au adoptat, de regulă, scheme corespunzînd gradului 4, care asigură prin instalaţiile de AAR realimentarea unei bare de medie tensiune la un defect de transformator sau de bară de 110 kV.

— *Reţeaua de medie tensiune*, considerată de gradul 1 sau 2, respectiv o reţea de configuraţie buclată pe o aceeaşi staţie 110 kV/MT sau pe staţii diferite, va fi totdeauna cu funcţionare radială.

— *Posturile de transformare MT/JT*, realizate de regulă cu cîte un singur transformator, prezintă un grad de continuitate 1.

— În ceea ce priveşte *reţeaua de joasă tensiune*, ea poate fi de gradul 1 (configuraţie radială), de gradul 2 (simplu buclată, cu legătură între două posturi de transformare MT/JT vecine), de gradul 5 (complex buclată). În cazul variantei fără reţea de joasă tensiune exterioară, gradul de siguranţă nu are obiect.

Calculele au fost făcute în aceste ipoteze de către ISPE, *utilizînd programul SAFETY*, care permite evidenţierea întreruperilor de manevră, a celor de durată, precum şi durata totală de întrerupere pentru reparaţii, reprezentînd valori medii multianuale.

*

Ca o concluzie la analiza efectuată privind indicatorii de siguranţă ai reţelelor electrice urbane, se constată următoarele :

— Se obţin indicatori de siguranţă în limitele normativului, exclusiv pentru reţelele de medie şi joasă tensiune (exceptînd deci reţeaua de 110 kV), pentru toate configuraţiile de reţea de joasă tensiune analizate, inclusiv reţeaua de joasă tensiune radială avînd o lungime a plecărilor de pînă la aproximativ 150 m (respectiv o distanţă între două posturi de transformare vecine de aprox. 300 m).

— Independent de structura reţelei de 110 kV, la realizarea unei buclări a reţelei de medie tensiune pe aceeaşi staţie 110 kV/MT, se obţine o creştere a duratei de întrerupere cu aproape 1 oră/an, faţă de situaţia buclării pe două staţii de transformare 110 kV/MT diferite, ceea ce face ca în cazul reţelei radiale de joasă tensiune durata admisibilă de întrerupere să fie depăşită pentru lungimi de distribuitoare de peste 80 m.

— Pentru cazul în care gradul de continuitate realizat în staţiile de transformare 110 kV/MT este numai 2, valori corespunzătoare pentru indicatori de siguranţă se pot obţine pentru toate structurile de reţea de joasă tensiune analizate, inclusiv reţele radiale, însă cu lungimi de plecări de pînă la aproximativ 60 — 70 m.

— Pentru un grad de continuitate mai mic de 4 al rețelei de 110 kV, nu se pot obține indicatorii prevăzuți în normativ pentru nici una din structurile analizate pentru rețeaua de joasă tensiune, fiind depășite atît numărul de întreruperi/an cît și durata întreruperilor.

Se desprind drept concluzii generale referitoare la întreaga schemă de alimentare a consumatorilor (de la înaltă pînă la joasă tensiune), din punctul de vedere strict al siguranței în funcționare (celelalte aspecte vor fi analizate în cele ce urmează), că pentru rețelele de înaltă tensiune și stațiile de transformare IT/MT trebuie adoptate scheme cu grad de continuitate 4 sau 5.

Pentru rețelele de medie tensiune este necesară realizarea unui grad de continuitate 2, obținut prin buclarea pe stații de transformare IT/MT diferite (sau eventual într-o aceeași stație cu bare de înaltă tensiune duble funcționînd cu cuplă deschisă, cu două transformatoare/stație, fiecare racordat pe cîte un sistem de bare de înaltă tensiune și alimentînd sisteme de bare diferite pe medie tensiune).

Pentru rețeaua de medie tensiune nu se justifică, din punctul de vedere al siguranței, un grad de continuitate superior.

În condițiile menționate mai sus, rețelele de joasă tensiune radiale cu o lungime a plecărilor de pînă la aprox. 150 m (respectiv o distanță între două posturi de transformare vecine de aprox. 300 m), precum și toate celelalte configurații analizate, corespund din punctul de vedere al indicatorilor de siguranță normați și deci pot fi incluse în compararea tehnico-economică a variantelor.

3. Consumul propriu tehnologic de putere și energie

Calculul consumului propriu tehnologic de putere și energie electrică a fost efectuat pentru diferitele configurații de rețele de medie și joasă tensiune, considerînd că pierderile în rețelele de înaltă tensiune și în stațiile de transformare de IT/MT nu variază sensibil cu configurația rețelelor de medie și joasă tensiune.

Aceste calcule au fost efectuate pentru diferite densități de sarcină (de la 10,8 MVA/km^2 la 32,1 MVA/km^2), corespunzătoare blocurilor de P + 4 și, respectiv, P + 8 nivele, pentru diferite grade de ocupare a terenului.

Pentru calculul consumului tehnologic de putere s-a utilizat *programul de calcul RAND.*

Din punctul de vedere al consumului propriu tehnologic, au rezultat următoarele:

— Consumul tehnologic minim se înregistrează în cazul variantei de rețea „complex buclată", atît pentru zonele de locuințe cu P + 4 nivele, cît și pentru cele cu P + 8 nivele, pentru ambele variante ale gradului de ocupare a terenului (*A* și *B*). Această concluzie este explicabilă.

— Un consum tehnologic de valoare apropiată rețelei complex buclate corespunde rețelei „simplu buclate" (buclată longotransversal), cu funcționare radială.

— În continuare se situează varianta „fără rețea de joasă tensiune exterioară", care prezintă același consum cu celelalte variante în rețeaua de medie tensiune, dar în posturile de transformare consumul tehnologic este mai mare decît în toate celelalte variante datorită numărului mare de posturi de transformare.

În rețeaua de joasă tensiune, cum este și normal, pierderile sînt mai mici, datorită lungimii reduse a acestor rețele.

— Rețeaua de joasă tensiune radială prezintă cel mai mare consum tehnologic, această situație datorîndu-se influenței pierderilor din posturile de transformare și îndeosebi celor din rețeaua de joasă tensiune propriu-zisă.

4. Investiții

Calculul costurilor de investiții are la bază lungimile de rețea de medie și joasă tensiune rezultate prin modelarea zonelor respective, secțiunea acestora, numărul și puterea posturilor de transformare, la costurile unitare practicate în prezent.

Varianta care prezintă investițiile totale cele mai reduse este cea cu rețea de joasă tensiune radială.

Următoarea variantă, din punctul de vedere al investițiilor minime, este varianta simplu buclată (buclată longotransversal), însă numai pentru zonele cu P + 4 nivele. În cazul zonelor P + 8 nivele, varianta mai avantajoasă este varianta „fără rețea de joasă tensiune exterioară".

Varianta cu costurile cele mai ridicate este, evident, rețeaua complex buclată.

Rezultă în concluzie, din acest punct de vedere, următoarele:

— Varianta optimă din punctul de vedere al investițiilor este varianta cu rețea radială, atît pentru zonele cu P+4, cît și pentru cele cu P+8 nivele, în ambele regimuri ale densității de construcții.

Celelalte variante sînt mai scumpe, după cum urmează:

— rețeaua simplu buclată cu 31% în cazul P + 4 nivele și cu 42% la P + 8 nivele;

— varianta „fără rețea de joasă tensiune" cu 35—52% în cazul P + 4 nivele și cu numai 5—15% în cazul construcțiilor P + 8 nivele.

Cea mai costisitoare dintre variante este cea cu rețeaua de joasă tensiune complex buclată, care reprezintă valori de 2—2,4 ori mai mari decît varianta cu rețea radială.

5. Cheltuieli totale actualizate

Acest criteriu reprezintă un indicator sintetic care include atît consumul propriu tehnologic cît şi cheltuielile de investiţii şi exploatare. În ultimă instanţă, acest criteriu decide soluţia cea mai economică din toate aceste puncte de vedere.

Din analiza cifrelor obţinute pe calculator folosind *programul ECONX* şi luînd drept bază (100%) valorile corespunzătoare variantei cu reţea de joasă tensiune radială, rezultă următoarele:

— Varianta cu reţea de joasă tensiune radială este cea mai avantajoasă, urmată de soluţia „fără reţea de joasă tensiune exterioară", care este, practic, la acelaşi nivel cu soluţia buclată longotransversal pentru zonele cu P+4 nivele.

În cazul zonelor cu P + 8 nivele, apare evident că soluţia „fără reţea de joasă tensiune exterioară" este mai avantajoasă decît cea buclată longotransversal.

— Variantă „complex buclată" apare cea mai dezavantajoasă, îndeosebi pentru zonele cu P+4 nivele.

Concluzii generale

Din punctul de vedere al criteriilor de siguranţă:

— *Se obţin indicatori de siguranţă în limitele normativului exclusiv pentru reţelele de medie şi joasă tensiune* (exceptînd reţeaua de înaltă tensiune) *pentru toate configuraţiile de reţea de joasă tensiune analizate, inclusiv reţeaua de joasă tensiune radială avînd o lungime a plecărilor de pînă la 150 m* (respectiv o distanţă între două posturi vecine de aprox. 300 m).

Independent de configuraţia reţelei de înaltă tensiune, în cazul cînd buclarea reţelei de medie tensiune se face pe barele aceleiaşi staţii de IT/MT (grad de continuitate 1), durata admisibilă de întrerupere este depăşită pentru lungimi ale plecărilor de joasă tensiune de peste 80—100 m, în cazul reţelelor de joasă tensiune radiale.

— *Pentru reţelele de înaltă tensiune şi staţiile de transformare trebuie adoptate configuraţii cu grad de continuitate 4 sau 5.*

— Pentru reţelele de medie tensiune este necesară realizarea unui grad de continuitate 2, obţinut prin buclarea pe staţii de transformare IT/MT diferite (sau, eventual, într-o aceeaşi staţie cu bare de înaltă tensiune duble, funcţionînd cu cupla deschisă, cu două transformatoare pe staţie, fiecare racordat la cîte un sistem de bare de înaltă tensiune şi alimentînd sisteme de bare diferite pe medie tensiune).

Pentru reţeaua de medie tensiune nu se justifică, din punctul de vedere al siguranţei, un grad de continuitate superior lui 2.

— În condiţiile de mai sus, toate configuraţiile de joasă tensiune analizate, inclusiv reţele de joasă tensiune radiale cu lungimi ale plecărilor de pînă la aproximativ 150 m (respectiv o distanţă între două posturi vecine de aprox. 300 m), se încadrează în prevederile normativului.

Aceste variante încadrîndu-se în prevederile normativului de siguranţă şi fiind analizate din punct de vedere tehnico-economic, rezultă următoarele:

— *Cea mai avantajoasă variantă, prezentînd cheltuielile totale actualizate minime, este soluţia cu reţea de joasă tensiune radială, deşi comportă consumul propriu tehnologic cel mai ridicat.*

— *Configuraţia reţelei de joasă tensiune simplu buclată* poate fi avută şi ea în vedere, *în anumite situaţii*, întrucît, deşi cheltuielile totale actualizate sînt mai mari decît la reţeaua de joasă tensiune radială, ea oferă totuşi un grad de continuitate superior.

— În toate cazurile în care *zonele prezintă o valoare mare a densităţii de sarcină, rezultată atît din regimul de înălţime a construcţiilor, cît şi din gradul de ocupare a terenului, va trebui adoptată varianta „fără reţea de joasă tensiune exterioară"*, adică cu posturi de transformare la fiecare imobil, întrucît cheltuielile totale actualizate sînt, practic, aceleaşi ca la reţeaua radială, iar consumul tehnologic ceva mai redus.

— *Configuraţia „complex buclată" a reţelei de joasă tensiune, în general, trebuie eliminată, întrucît prezintă cheltuieli totale actualizate cu 60—90% mai mari decît în cazul reţelei radiale, iar sporirea gradului de siguranţă în funcţionare pe care o realizează nu justifică cheltuielile suplimentare.*

Bibliografie

[1] * * * CIRE — SCP. *Directive tehnice de dezvoltare a reţelelor electrice urbane din R.S.R.* Bucureşti, 1977.

[2] * * * ISPE. *Studiu pentru stabilirea configuraţiei optime a reţelelor de distribuţie în cvartalele de blocuri.* Bucureşti, 1978.

Adaptarea modului de tratare a neutrului la stadiul de dezvoltare a rețelelor de medie tensiune din România

Prof. dr. ing. **N. Gavrilaș**
și șef lucr. ing. **M. Gușă***)

1. Considerații generale

Influența modului de tratare a neutrului asupra rețelelor electrice este nemijlocită, acesta impunînd atît unele caracteristici constructive, cît și un mod de exploatare specific fiecărui procedeu în parte. În ultimă instanță, modul de tratare a neutrului se reflectă într-o anumită măsură în continuitatea alimentării cu energie a consumatorilor și contribuie esențial la stabilirea influenței perturbatoare a rețelelor electrice asupra liniilor de telecomunicație.

Există mai multe moduri de tratare a neutrului rețelelor electrice. Alegerea între acestea se face în funcție de anumite criterii, care reflectă influența modului de tratare a neutrului asupra comportării rețelei în exploatare în situația apariției unui defect monofazat al izolației față de pămînt. Aceste criterii sînt : nivelul supratensiunilor tranzitorii și temporare pe fazele sănătoase, asigurarea continuității în alimentarea cu energie electrică, raportul dintre amplitudinile curenților de scurtcircuit monofazat și trifazat, modul de defectare și separare a defectului, influența asupra liniilor de telecomunicații, nivelul tensiunilor de atingere și de pas.

Ordinea importanței acestor criterii diferă în principal în funcție de tensiunea nominală a rețelei și de tipul constructiv al acesteia. Pentru rețelele de JT, IT și foarte înaltă tensiune, alegerea este hotărîtă pentru legarea directă la pămînt a punctelor neutre ale transformatoarelor din stații. Criteriul predominant este aici nivelul supratensiunilor datorate defectului monofazat.

În rețelele de medie tensiune, sîntem departe de o soluție unică. Ponderea avantajelor și dezavantajelor diferitelor metode este variabilă, atît funcție de caracteristicile rețelelor, cît și de posibilitățile industriei electrotehnice din diferitele țări. Se constată pe plan mondial folosirea legării directe la pămînt (S.U.A., Anglia, Canada), tratarea rezonantă a neutrului (centrul și estul Europei), legarea la pămînt prin impedanță mică (Franța), precum și, uneori, funcționarea cu neutrul izolat (Italia) [1], [2], [3], [4].

În România, în rețelele de medie tensiune, soluția predominant folosită este tratarea cu bobină de stingere. În prezent, ca și în alte țări care folosesc acest procedeu, încep să se manifeste limitele folosirii acestei soluții. Se impune, deci, o analiză a acestei situații și o revizuire a modului de tratare a neutrului acestor rețele, înainte ca neajunsurile actualei metode să se generalizeze.

Lucrarea de față conține o sinteză a concluziilor la care au ajuns autorii în urma unor studii teoretice și experimentale privind diferitele moduri de tratare a neutrului rețelelor de medie tensiune.

2. Neutrul izolat

Analizînd acest procedeu prin prisma criteriilor enunțate, rezultă dezavantaje multe : supratensiuni ridicate, detectare dificilă a defectului, influențe importante în liniile de telecomunicație, durată mare a regimului de defect monofazat cu posibilitatea de extindere la celelalte faze. Se exprimă părerea că o rețea prost compensată este mai bună decît o rețea cu neutrul izolat [5].

3. Tratarea neutrului cu bobină de stingere

Avantajul principal al bobinei de stingere este legat de asigurarea continuității în alimentarea consumatorilor, chiar în prezența unui defect monofazat.

În regim normal de funcționare, prezența bobinei de stingere acordată la rezonanță mărește tensiunea de deplasare a neutrului, cu atît mai mult cu cît nesimetria naturală a rețelei este mai mare (fig. 1, în care curbele *1* reprezintă nesimetrie 10%, *2* — nesimetrie 50%, iar δ este coeficient de amortizare).

Acest fapt putînd deranja telecomunicațiile prin fir, se recomandă funcționarea bobinei în zona supracompensării, cu 10—15% față de acordul perfect.

Acest mod de lucru este satisfăcător pentru rețelele aeriene, unde majoritatea defectelor monofazate au loc prin arc, iar izolația este autoregeneratoare. Se acceptă, în schimb, nivelul ridicat al supratensiunilor temporare, pe

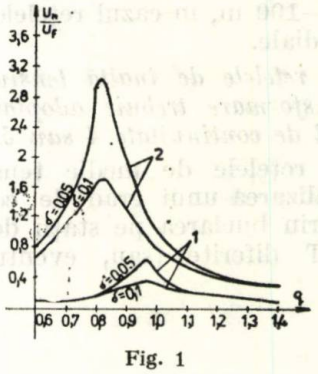


Fig. 1

durata de existență a defectelor permanente (metalice), precum și dificultățile legate de localizarea defectelor. Folosirea unei protecții

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul politehnic Iași.

corespunzătoare nu este generalizată în România, deoarece este scumpă și nu se fabrică în țară.

Dificultăți mai importante apar în liniile de cabluri, specifice zonelor industriale și urbane. Față de LEA, LES au capacitate față de pămînt și tg δ mai mare. Ca urmare, curentul rezidual de punere la pămînt, în cazul acordului perfect, este mai mare la aceeași putere a bobinei de stingere.

Defectele monofazate au loc în LES, în principiu, în măsură mai mică în izolația regeneratoare și mai mult în izolația internă solidă sau mixtă a cablurilor. Așadar condițiile de stingere a defectelor prin arc sînt mai proaste decît la LEA. Această situație, intuită teoretic, este confirmată de unele statistici de defecte, care indică o proporție mai redusă a defectelor autostinse în rețelele subterane [6].

Un avantaj al acestor rețele este însă simetria naturală a admitanțelor. Ca urmare, tensiunea de deplasare a neutrului este foarte mică și prezența bobinei de stingere acordată la rezonanță nu o amplifică pînă la valori de natură să creeze dezavantaje (fig. 1). Acest fapt vine în sprijinul funcționării bobinei de stingere în rețelele de cabluri.

Într-adevăr, în urma stingerii arcului de punere la pămînt, tensiunea pe faza defectă revine la valoarea normală cu anumită întîrziere, care depinde în principal de gradul de acordare al bobinei: întîrzierea maximă se obține în cazul acordului perfect, adică atunci cînd frecvența proprie a circuitului de secvență homopolară este identică cu frecvența industrială [7]:

$$U_{rest} = U_m(\cos \omega \cdot t - e^{-\delta \cdot t} \cos \sqrt{q} \cdot \omega \cdot t), \quad (1)$$

unde $\delta = g/C\omega$ este coeficientul de amortizare a rețelei, iar $q = 1/3\ \omega^2 LC$ este gradul de acord.

Folosind această relație, s-a determinat durata de restabilire a tensiunii la locul defectului pînă la valorile $0{,}8\ U_m$, $0{,}9 U_m$ și U_m funcție de gradul de acord al bobinei (fig. 2).

Șansele de regenerare a izolației defecte sînt maxime atunci cînd revenirea la tensiunea normală are loc cu întîrziere maximă, deci în situația acordului la rezonanță.

Menținerea permanentă a acestei stări este o sarcină dificilă pentru personalul de exploatare, în condițiile numărului mare de manevre cu întrerupătoare în rețelele urbane sau industriale de medie tensiune. Rezolvarea optimă a problemei constă în automatizarea acordării bobinei.

Trebuie adăugat faptul că în rețelele compensate, detectarea defectelor monofazate este la fel de dificilă ca și în cazul neutrului izolat. În cazul recurgerii la automatizarea acordului, detectarea prin deconectări succesive ar provoca ieșirea din starea de acord perfect, ceea ce poate avea efect nefavorabil asupra defectelor prin arc electric.

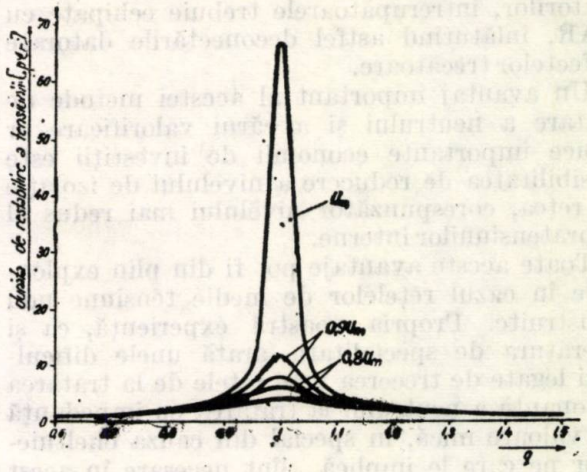


Fig. 2

4. Legarea neutrului la pămînt prin impedanță mică

Prin legarea la pămînt a neutrului, rețelele de medie tensiune se comportă la scurtcircuit ca și rețelele de înaltă tensiune: defectul este detectat precis și deconectat selectiv. Astfel se înlătură supratensiunile temporare, prin limitarea duratei regimului de defect monofazat, și se limitează supratensiunile tranzitorii datorită șuntării capacităților homopolare ale rețelei.

În rețelele de medie tensiune, legarea la pămînt a neutrului este bine să se facă prin intermediul unei impedanțe (rezistență sau reactanță) de valoare redusă, avînd rolul de a limta curentul de scurtcircuit monofazat la o valoare acceptabilă, pe de o parte din punctul de vedere al solicitărilor elementelor rețelei, iar pe de altă parte pentru ca protecția rețelei la defect monofazat să lucreze satisfăcător. Această limitare se recomandă să se facă la o valoare de 1000—1500 A în rețelele subterane și de 300 A în rețelele aeriene [4].

Legarea neutrului la pămînt simplifică exploatarea rețelelor de medie tensiune, în special prin eliminarea reglării acordului bobinei de stingere și prin evitarea procedeelor scumpe sau laborioase de căutare a defectului.

Aplicarea procedeului necesită unele cheltuieli suplimentare pentru realizarea protecției de curent trifazate și pentru asigurarea unei valori mici și constante a rezistenței prizelor de pămînt. Această a doua cerință este mai ușor de realizat la liniile subterane (datorită existenței mantalei sau ecranului care constituie principala cale de întoarcere a curentului de scurtcircuit monofazat) și mult mai dificil în cazul liniilor aeriene care au stîlpi numeroși și ar

necesita cantităţi mari de fier pentru prizele artificiale.

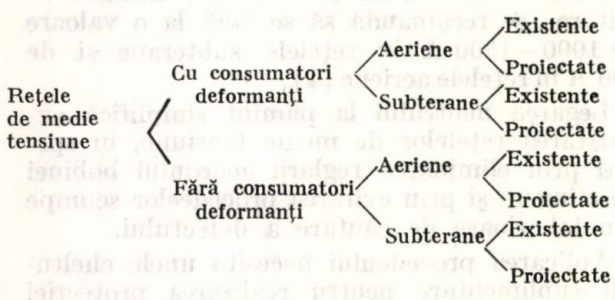
În scopul menţinerii unei continuităţi maxim posibile în alimentarea cu energie a consumatorilor, întrerupătoarele trebuie echipate cu RAR, înlăturînd astfel deconectările datorate defectelor trecătoare.

Un avantaj important al acestei metode de tratare a neutrului şi a cărui valorificare ar aduce importante economii de investiţii este posibilitatea de reducere a nivelului de izolaţie în reţea, corespunzător nivelului mai redus al supratensiunilor interne.

Toate aceste avantaje pot fi din plin exploatate în cazul reţelelor de medie tensiune nou construite. Propria noastră experienţă, ca şi literatura de specialitate, arată unele dificultăţi legate de trecerea unei reţele de la tratarea rezonantă a neutrului la tratarea cu impedanţă de valoare mică, în special din cauza cheltuielilor pe care le implică. Sînt necesare în acest scop verificări ale comportării la curentul de scurtcircuit monofazat a mantalelor cablurilor, a prizelor de pămînt, modificări în schemele circuitelor primare şi secundare ale staţiilor.

5. Soluţii combinate

Ultimele două soluţii de tratare a neutrului, caracterizate pe scurt mai sus, oferă avantaje şi dezavantaje specifice, ceea ce a determinat pe unii să le îmbine, adoptînd o tratare combinată cu bobină de stingere şi impedanţă mică, conectate în paralel printr-un întrerupător [8]. În mod permanent este conectată bobina de stingere, iar dacă aceasta nu reuşeşte eliminarea defectului în 1—2 secunde se cuplează automat impedanţa, care transformă punerea la pămînt în scurtcircuit monofazat. În urma deconectării selective a liniei cu defect, se revine în regim normal de funcţionare.



Modul actual de tratare a neutrului	Modul propus de tratare a neutrului	Observaţii
B.S.	Rezistenţă	RAR
B.S.	Rezistenţă	RAR
B.S.	Rezistenţă	RAR
B.S.	Rezistenţă	RAR
B.S.	B.S.	Acord aut.
B.S.	B.S. sau rezistenţă	Acord aut. RAR
B.S.	Rezistenţă sau B.S.	RAR Acord aut.
B.S.	Rezistenţă	RAR

Fig. 3

Concluzii

Din aspectele prezentate anterior rezultă că tratarea neutrului cu bobină de stingere ridică multe probleme de exploatare, mai cu seamă în reţelele subterane, industriale sau urbane. Ponderea mărită a componentei active a curentului de punere la pămînt în raport cu situaţia din reţele aeriene, ca şi posibilitatea de apariţie a defectelor în izolaţia solidă, reduc posibilităţile de înlăturare a defectelor monofazate de către bobina de stingere, în special în reţelele cu întindere mare. Automatizarea acordului pune de asemenea probleme dificile.

La acestea se mai adaugă şi unele regimuri particulare de funcţionare, de exemplu prezenţa consumatorilor deformanţi. Armonicile superioare din tensiunile de fază se regăsesc amplificate şi însumate în curentul de punere la pămînt, putînd avea o pondere însemnată, mergînd pînă la majoritate [7]. Aceste armonici nu sînt compensate de către bobina de stingere şi ca urmare întreţin un curent rezidual de punere la pămînt important.

Comparativ cu aceste aspecte, soluţia tratării neutrului cu impedanţă mică apare avantajoasă, deoarece se aplică în orice tip de reţea, simplifică exploatarea şi oferă posibilitatea reducerii cheltuielilor de investiţii. Aplicarea acestei soluţii în viitorul apropiat trebuie făcută cu discernămînt, începîndu-se cu situaţiile în care dezavantajele bobinei de stingere sînt foarte evidente. Pentru reţele aeriene aplicarea acestei soluţii apare mai problematică pînă la găsirea unor posibilităţi de asigurare a unei valori convenabile şi stabile a rezistenţei prizei de pămînt a stîlpilor sau de introducere a unui al patrulea conductor, care să preia rolul mantalei cablurilor.

Pentru reţelele ce se proiectează în viitor se consideră oportună tratarea neutrului cu impedanţă redusă, în scopul uniformizării dotării reţelelor, simplificării exploatării şi reducerii costului acestora prin ieftinirea izolaţiei.

În figura 3 se prezintă sintetic o propunere, rezultată din consideraţiile prezentate aici, privind modul de tratare a neutrului reţelelor de medie tensiune din ţara noastră.

Bibliografie

[1] Erich, M. *Tratarea neutrului, modul de construcţie a reţelei şi funcţionarea reţelelor de medie tensiune în Germania, Franţa şi Italia.* În: Elektrizitätswirtschaft nr. 22, 1969.

[2] Mihăileanu, C. *Unele noi aspecte cu privire la tratarea neutrului în reţelele de medie tensiune.* Prima Conferinţă a energeticienilor din România, Bucureşti, 1974.

[3] Wilhelm, R. şi Waters, W. *Legarea la pămînt a punctului neutru în sistemele de înaltă tensiune.* Moscova, 1959.

[4] Mestermann, R. *Tratarea neutrului în reţelele de cabluri urbane.* În: ETZ—A nr. 21, 1961.

[5] Pundt, H. *Cîteva consideraţii asupra tratării neutrului în reţelele de medie tensiune industriale.* În: Energietechnik, nr. 10, 1963.

[6] Pundt, H. *Asupra alegerii tratării neutrului în reţelele de medie tensiune.* În: Elektrie nr. 3, 1969.

[7] Gavrilaş, N. *Consideraţii privind tratarea neutrului reţelelor electrice de cabluri.* Prima Conferinţă a energeticienilor din România, Bucureşti, 1974.

[8] Rüger, M. *Tratarea optimă a neutrului în reţelele de medie tensiune.* În: Elektrizitätswirtschaft, nr. 21, 1970.

Contribuţii la elaborarea modelului matematic al repartizării optimale a surselor reactive în reţelele de distribuţie

Dr. ing. **Gh. Cîrţină***)

1. Consideraţii generale

Motive serioase de ordin economic determină ca, în ultima vreme, anumite subiecte să revină cu insistenţă în actualitatea ştiinţifică. În domeniul electroenergetic, unul dintre aceste subiecte este acela al compensării optimale a unei reţele electrice, din punctul de vedere al energiei reactive. Atît în literatura română de specialitate, cît şi în cea străină, s-au propus mai multe modele matematice pentru rezolvarea problemei respective, din ce în ce mai complete tehnic şi economic, corespunzătoare unor reţele tot mai complexe.

În acest domeniu, şi colectivul disciplinei de reţele electrice a Politehnicii ieşene are, de cîţiva ani, o preocupare constantă, concretizată într-un număr de lucrări, algoritmi şi programe puse la punct pentru reţele electrice cu diverse structuri. Astfel, metoda căutării unidimensionale secvenţiale a optimului amplasării şi mărimii surselor reactive într-o reţea electrică [1], [2], [3] a condus la economii importante prin considerarea chiar a variaţiilor mici ale sarcinilor reactive, cum ar fi în cazul reţelelor de distribuţie urbană.

Demonstrînd că funcţia-obiectiv (cheltuielile totale actualizate) poate fi adusă totdeauna la o formă pătratică convenabilă, în lucrare se arată că repartizarea optimală a surselor reactive într-o reţea revine la rezolvarea unui model de tip Barankin-Dorfman. Utilizînd o funcţie de tip Frank-Wolfe, lucrarea prezintă un algoritm de căutare unidimensională secvenţială a soluţiei optime.

2. Forma pătratică a criteriului de optimizare

Într-o reţea electrică, considerăm optimală acea repartiţie a surselor reactive care asigură minimul cheltuielilor totale actualizate.

*) Dr. ing. Gh. Cîrţină este şef de lucrări la Catedra de electroenergetică, Institutul politehnic Iaşi.

Pentru reţeaua radială din figura 1, expresia cheltuielilor totale actualizate are forma [1]:

$$A = \sum_{j=1}^{n} \gamma\, x_j + \sum_{l=1}^{6} (1+a)^{-l} \left\{ \sum_{j=1}^{n} p_c \cdot x_j \cdot T_{jj} \cdot \beta + \right.$$

$$\left. + \frac{\beta}{U_n^2} \sum_{j=1}^{n} N_{jj} \sum_{i=1}^{m=24} (Q_{ji} - x_j)^2 R_j \right\} \qquad (1)$$

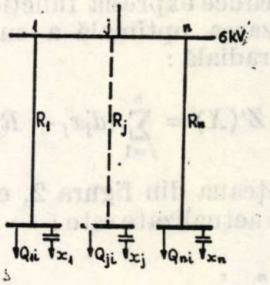


Fig. 1

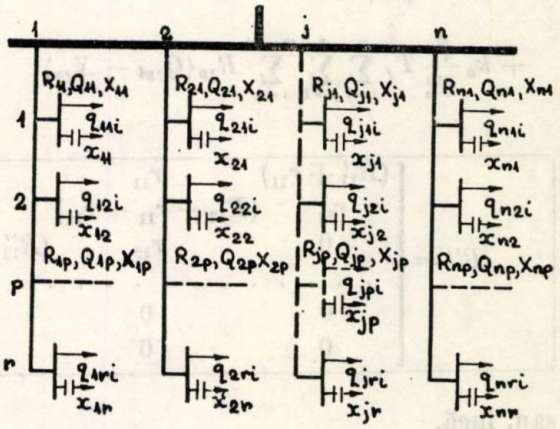


Fig. 2

unde:

γ este costul unui kVar instalat în condensatoare;

p_c — pierderile specifice de putere activă în condensatoare;

β — preţul energiei active pierdute;

N_{jj}, T_{jj} — numărul zilelor şi al orelor de funcţionare pe an;

Q_{ji} — puterea reactivă medie pe intervalul unei ore ($i = 1, 2, \ldots, 24$);

a — rata de actualizare.

În urma unor transformări, relația (1) devine :

$$A = m \sum_{j=1}^{n} [d'_j \cdot x_j + R'_j(x_j^2 + \bar{Q}_j^2)], \qquad (2)$$

unde s-a notat :

$$d'_j = \frac{\gamma + k_a \cdot p_c \cdot T_f \cdot \beta}{m} - 2\bar{Q}_j R'_j \qquad (3)$$

$$R'_j = k_a \frac{\beta}{U^2} T_f R_j \qquad (4)$$

$$k_a = \sum_{l=1}^{6} (1 + a)^{-1} \qquad (5)$$

În aceste relații, $\bar{Q}_j$ și $\bar{Q}_j^2$ reprezintă puterea reactivă medie, respectiv medie pătratică, pentru plecarea j. Cum termenii și factorii generali constanți nu contează în căutarea extremelor, din (2) se deduce expresia funcției-obiectiv pentru repartizarea optimală a surselor reactive într-o rețea radială :

$$Z'(X) = \sum_{j=1}^{n} (d'_j x_j + R'_j x_j^2) \qquad (6)$$

Pentru rețeaua din figura 2, expresia cheltuielilor totale actualizate este :

$$A = \sum_{j=1}^{n} \sum_{p=1}^{r} (\gamma + k_a \cdot p_c \cdot \beta \cdot T_f)\, x_{jp} +$$

$$+ k_a \frac{\beta}{U_n^2} T_f \sum_{j=1}^{n} \sum_{p=1}^{r} \sum_{i=1}^{m-24} R_{jp}(Q_{jpi} - X_{jp})^2 \qquad (7)$$

În relația (8), supralinierile indică valorile medii ale mărimilor respective. Funcția-obiectiv corespunzătoare relației (8) se poate scrie :

$$Z''(X) = \sum_{j=1}^{n} [d''_{j1} X_{j1} - 2 \sum_{p=2}^{r} R''_{jp} X_{jp} \bar{Q}_{jp} +$$

$$+ \sum_{p=1}^{r} R''_{jp} X_{jp}^2] \qquad (10)$$

sau $$Z''(X) = d_t X + X_t \cdot R'' \cdot X, \qquad (11)$$

unde $$d_t = [d_{11}, d_{12}, \ldots, d_{nr}] \qquad (12)$$

$$d_{j1} = d''_{j1} - 2R''_{j1} \bar{Q}_{j1}\,; \; d_{jp} = -2R''_{jp} \bar{Q}_{jp}\,;$$

$$j = 1, 2, \ldots, n \qquad (13)$$

$$p = 2, 3, \ldots, r$$

$$X_t = [X_{11}, X_{12}, \ldots, X_{nr}] \qquad (14)$$

$$R'' = \begin{bmatrix} R''_{11} & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & R''_{12} & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R''_{13} & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & R''_{nr-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & R''_{nr} \end{bmatrix} \qquad (15)$$

Evident, și relația (6) poate fi adusă la forma (11), pentru că (6) nu este decît un caz particular al relației (10). Ceea ce se modifică de la o rețea la alta, în funcție de arhitectura rețelei, este structura matricelor d și R. De exemplu, dacă în figura 2 se consideră sarcinile conectate în punctele (jp) prin intermediul transformatoarelor de rezistență r_{jp}, calculele arată că parametrii relației (11) sînt dați de expresiile :

$$R'' = \begin{bmatrix} (R''_{11} + r_{11}) & r_{11} & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ r_{11} & (R''_{12} + r_{11} + r_{12}) & r_{12} & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & r_{12} & (R''_{13} + r_{12} + r_{13}) & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & (R''_{nr-1} + r_{nr-1} + r_{nr-2}) & r_{nr-1} \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & r_{nr-1} & (R''_{nr} + r_{nr}) \end{bmatrix} \qquad (16)$$

sau, încă,

$$A = m \sum_{j=1}^{n} \sum_{p=1}^{r} [d''_{jp} x_{jp} - R''_{jp} \bar{Q}_{jp} X_{jp} +$$

$$+ R''_{jp} (X_{jp}^2 + \bar{Q}_{jp}^2)], \qquad (8)$$

unde

$$d''_{jp} = \frac{\gamma + k_a p_c T_f \beta}{m}\,; \; R''_{jp} = k_a T_f \frac{\beta}{U^2} R_{jp}\,; \; X_{jp} =$$

$$= \sum_{p=p}^{r} x_{jp} \qquad (9)$$

$$d_{j1} = \frac{\gamma + k_a p_c T_f \beta}{m} - 2\, k_a\, T_f \frac{\beta}{U^2} (R_{j1} \bar{Q}_{j1} + r_{j1} \bar{q}_{j1})\,;$$

$$j = 1,2,\ldots, n \qquad (17)$$

$$d_{jp} = -2k_a \frac{\beta}{U^2} [\bar{Q}_{jp} R_{jp} + (r_{jp} \bar{q}_{jp} - r_{jp+1} \bar{q}_{jp+1})]\,;$$

$$j = 1, 2, \ldots, n$$

$$p = 2, 3, \ldots, r \qquad (18)$$

3. Modelul matematic și rezolvarea sa

Pentru forma pătratică (11) a criteriului de optimizare, modelul matematic corespunzător

rezultă din aplicarea relațiilor Barankin-Dorfman [4]:

$$X - W = b \tag{19}$$

$$2CX - V + \lambda = -d_t \tag{20}$$

$$X \geqslant 0;\ \lambda \geqslant 0;\ V \geqslant 0;\ W \geqslant 0 \tag{21}$$

$$X_t\ \lambda + \lambda_t\ W = 0 \tag{22}$$

unde:

$$X_t = [X_{11}, X_{12}, \ldots, X_{nr}];\ W_t = [W_{11}, W_{12}, \ldots, W_{nr}];$$
$$\lambda_t = [\lambda_{11}, \lambda_{12}, \ldots, \lambda_{nr}];\ V_t = [V_{11}, V_{12}, \ldots, V_{nr}] \tag{23}$$

În modelul de mai sus, relația matricială (19) reprezintă restricțiile, iar b este matricea coloană a puterilor de compensare maxime ce pot fi instalate în nodurile rețelei. Optimul acestui model este atins pentru o soluție de bază a sistemului liniar (19)—(20). Sistemul (19)—(20) este echivalent cu sistemul:

$$BY = \left[\begin{array}{c} b \\ \hline -d_t \end{array}\right] \tag{24}$$

$$Y \geqslant 0 \tag{25}$$

$$Y_t \bar{Y} = 0 \tag{26}$$

unde:

$$B = \left[\begin{array}{cc:cc} E_m & E_m & 0 & 0 \\ \hdashline 2C & 0 & -E_n & E_n \end{array}\right] \tag{27}$$

$$Y_t = [X_t,\ W_t,\ V_t,\ \lambda_t] \tag{28}$$

$$Y_t = [V_t,\ \lambda_t,\ X_t,\ W_t] \tag{29}$$

iar E_m și E_n sînt matricele-unitate de rang m (m este numărul restricțiilor din relația (19)), respectiv nr (nr fiind numărul surselor reactive necunoscute).

Pentru căutarea optimului funcției

$$T(Y) = Y_t \bar{Y} \tag{30}$$

se poate folosi metoda căutării unidimensionale secvențiale [1], plecînd de la soluția inițială de bază:

$$W = 0;\ \lambda = 0;\ X = b;\ V = 2Cb + d_t, \tag{31}$$

ceea ce ar corespunde compensării pînă la nivelul cos $\varphi = 1$, soluție neacceptabilă din punct de vedere economic.

Pentru aplicarea comodă a acestei metode se consideră discretizate variabilele X (puterile condensatoarelor ce se instalează) și W (diferența între puterile maxime compensabile și cele optime). Intervalul de discretizare se consideră egal cu puterea elementară a bateriilor de condensatoare la treapta de tensiune respectivă. De exemplu, se poate lua intervalul de discretizare $w = 15$ kVar. Așa cum arată schema logică de calcul din figura 3, în cazul acesta, apropierea de soluția optimă se face prin modificarea succesivă a puterilor bateriilor de condensatoare instalate într-un punct sau altul, astfel încît scăderea funcției-obiectiv, $T(Y)$, să fie maximă. La atingerea optimului, funcția respectivă are valoarea zero. Cu notațiile de mai sus nu este greu de observat că puterea bateriei de condensatoare ce se instalează în nodul (jp) este $x_{jp} = X_{jp} - X_{jp+1}$.

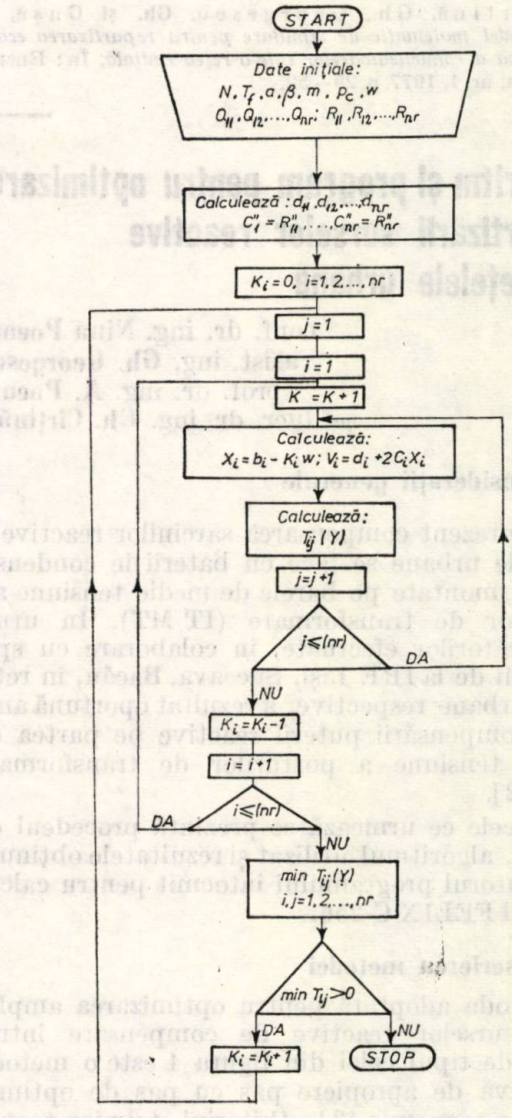


Fig. 3

Concluzii

Metoda propusă în lucrare pentru repartizarea optimală a surselor reactive este generală, iar scrierea modelelor se poate face după reguli precise pentru fiecare tip de rețea.

Deși metoda propusă ține seama de variațiile în timp ale sarcinilor electrice, în model apar doar valorile medii ale puterilor reactive, lucru foarte avantajos din punctul de vedere al calculului. Aceste valori medii pot fi calculate separat, fără a complica algoritmul propriu-zis cu considerarea curbei de sarcină reactivă. Mai mult, în anumite condiții se poate chiar renun-

la curbele de sarcină, fiind suficiente energiile reactive absorbite în intervalele de timp corespunzătoare.

Multe din metodele care se întîlnesc în literatură pot fi deduse din cea expusă mai sus.

Bibliografie

[1] Cîrţînă, Gh., Georgescu, Gh. şi Guşă, M. *Model matematic de simulare pentru repartizarea economică a condensatoarelor într-o reţea radială.* În: Energetica, nr. 1, 1977, p. 29—32.

[2] Poeată, A., Cîrţînă, Gh. şi Georgescu, Gh. *Contribuţii la optimizarea dezvoltării surselor reactive în sistemele energetice.* În: Bul. Inst. politehnic Iaşi, XXIII (XXVII), nr. 3—4, 1977, s. III, p. 87—90.

[3] Cîrţînă, Gh. şi Georgescu, Gh. *Sur le réglage optimal des batteries de condenseurs.* În: Bul. Inst. politehnic Iaşi, XXIV (XXVIII), 1978, s. III, p. 119—122.

[4] Mihoc, Gh. şi Ştefănescu, A. *Programarea matematică.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1973.

Algoritm şi program pentru optimizarea repartizării surselor reactive în reţelele urbane

conf. dr. ing. **Nina Poeată**,
asist. ing. **Gh. Georgescu**,
prof. dr. ing. **A. Poeată**,
şef lucr. dr. ing. **Gh. Cîrţînă** *)

1. Consideraţii generale

În prezent compensarea sarcinilor reactive în reţelele urbane se face cu baterii de condensatoare, montate pe barele de medie tensiune ale staţiilor de transformare (IT/MT). În urma măsurătorilor efectuate, în colaborare cu specialiştii de la IRE Iaşi, Suceava, Bacău, în reţelele urbane respective, a rezultat oportună analiza compensării puterii reactive pe partea de joasă tensiune a posturilor de transformare [1], [2].

În cele ce urmează se prezintă procedeul de calcul, algoritmul utilizat şi rezultatele obţinute cu ajutorul programului întocmit pentru calculatorul FELIX C-256.

2. Descrierea metodei

Metoda adoptată pentru optimizarea amplasării surselor reactive de compensare într-o reţea de tipul celei din figura 1 este o metodă iterativă de apropiere pas cu pas de optimul tehnico-economic [3]. Criteriul tehnico-economic adoptat în model este criteriul „cheltuielilor totale actualizate minime".

Metoda constă în amplasarea iniţială, în fiecare post de transformare a reţelei de distribuţie, pe barele de joasă tensiune, precum şi pe barele de medie tensiune ale staţiei de transformare, a unor baterii de condensatoare care să acopere maximul graficului de sarcină al puterii reactive care circulă prin acel punct în regim necompensat. Puterea bateriilor de condensatoare astfel distribuită poate fi scrisă ca multiplu al puterilor unor unităţi elementare tipizate.

$$Q_{C_{j,l}} = K_{j,l_{max}} \cdot Q_1 \; ; \; Q_{C_S} = K_{T_{max}} \, Q_2$$

în care

$Q_{C_{j,l}}$ este puterea bateriei de compensare montată iniţial pe barele de joasă tensiune ale postului de transformare (j, l) din reţeaua de distribuţie ;

Q_{C_S} — puterea bateriei de compensare montată iniţial pe barele de medie tensiune ale staţiei de transformare ;

$K_{T_{max}}$, $K_{j,l_{max}}$ — numărul maxim de unităţi elementare tipizate montate iniţial pe barele staţiei şi posturilor de transformare.

În continuare se elimină, succesiv, o unitate de compensare din fiecare punct. Efectele economice ale eliminării unei unităţi elementare Q_1 din postul de transformare (j, l), precum şi al unei unităţi elementare Q_2 de pe barele de medie tensiune ale staţiei de transformare sînt date de relaţiile :

$$\begin{aligned} \mathrm{d}A_{j,l} = {} & G_1 \cdot Q_1 + K_a \cdot p_{c_1} \cdot B_1 \cdot T_f \cdot Q_1 - \\ & - \frac{K_a \cdot Q_1 \cdot N_f}{U_{n_1}^2} \sum_{i=1}^{n_t} \Delta t_i \cdot \\ & \left\{ \sum_{m=1}^{i} B_2 \cdot RL_{j,m} \left[\sum_{n=m}^{n_p} 2(Q_{j,n,i} - Q_{C_{j,n}}) + \right. \right. \\ & \left. + Q_1 (2 \sum_{n=m}^{n_p} K_{j,n} + 1) \right] + B_2 \cdot RT_{j,l} \left[2(Q_{j,l,i} - \right. \\ & \left. \left. - Q_{C_{j,l}} - Q_{F_{j,l}}) + Q_1 (2K_{j,l} + 1) \right] \right\} - \\ & - \frac{K_a \cdot Q_2 \cdot B_3 \cdot N_f}{U_{n_2}^2} Re \sum_{i=1}^{n_t} \Delta t_i \left[2 \sum_{m=1}^{n_d} \sum_{n=1}^{n_p} (Q_{m,n,i} - \right. \\ & - Q_{C_{m,n}}) + Q_1 \left(2 \sum_{m=1}^{n_d} \sum_{n=1}^{n_p} K_{m,n} + 1 \right) - \\ & \left. - 2 (Q_{C_S} - K_T \cdot Q_2) \right] \qquad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathrm{d}A_t = {} & G_2 \cdot Q_2 + K_a \cdot p_{c_2} \cdot Q_2 \cdot B_2 \cdot T_f - \\ & - Re \frac{K_a \cdot Q_2 \cdot N_f \cdot B_3}{U_{n_2}^2} \sum_{i=1}^{n_t} \Delta t_i \cdot \\ & \cdot \left[\sum_{m=1}^{n_d} \sum_{n=1}^{n_p} 2[(Q_{m,n,i} - Q_{C_{m,n}}) + K_{m,n} \cdot Q_1] - \right. \\ & \left. - 2Q_{C_S} + Q_2 (2K_T + 1) \right] \qquad (2) \end{aligned}$$

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul politehnic Iaşi.

În relațiile de mai sus s-au folosit următoarele notații :

$Q_{j,l,t}$ — puterea reactivă medie pe intervalul Δt_t, în postul de transformare (j, l), raportată la bara de medie tensiune a postului de transformare, în kVar ;

$Q_{Fj,l}$ — puterea reactivă de magnetizare a transformatorului din punctul (j,l), în kVar ;

B_1, B_2, B_3 — costul energiei electrice pierdute la joasă, medie și înaltă tensiune, în lei/kWh ;

După determinarea tuturor efectelor economice ale eliminării primei unități elementare din toate posturile de transformare $dA_{j,l}$ ($j = 1,2,\ldots, n_a$; $l = 1, 2, \ldots, n_p$) și de pe barele de medie tensiune ale stației dA_t, se elimină efectiv din schemă unitatea elementară din punctul de compensare care conduce la efectul economic maxim. Această eliminare se materializează în model prin creșterea coeficientului K din punctul respectiv, cu o unitate.

În noua situație, calculul se reia eliminînd succesiv din schemă elementele care conduc la efecte economice maxime. Calculul continuă pînă cînd toți $dA_{j,l} \leqslant 0 (j = 1, 2, \ldots, n_a$;

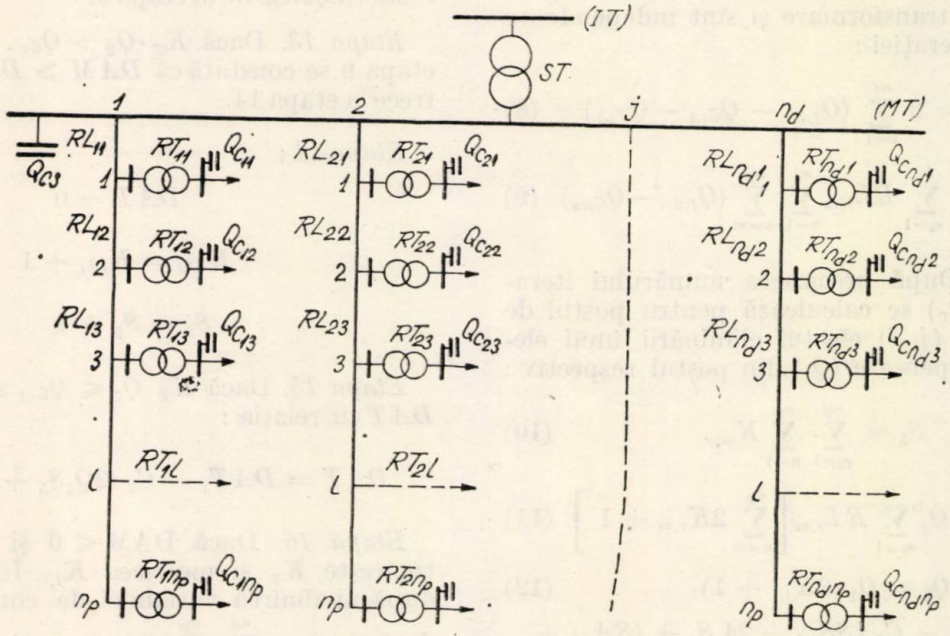


Fig. 1

p_{c_1}, p_{c_2} — pierderile specifice de putere activă în condensatoarele de joasă și medie tensiune, în W/kVar ;

G_1, G_2 — costul unui kVar instalat în condensatoarele de joasă și, respectiv, medie tensiune, în lei/kVar ;

K_a — coeficient de actualizare $\left(K_a = \sum_{i=1}^{10} (1 + a)^{-i}\right)$;

N_f, T_f — numărul zilelor și, respectiv, orelor de funcționare pe an a consumatorilor din rețeaua de distribuție ;

$K_{j,l}$, $K_{m,n}$ și K_T — numărul unităților elementare eliminate anterior din postul de transformare (j,l) și din celelalte posturi de transformare (m, n), precum și numărul elementelor eliminate anterior din stație.

$l = 1, 2, \ldots, n_p)$ și $dA_t \leqslant 0$, în rețeaua de distribuție rămînînd în final montate numai bateriile de condensatoare care reprezintă soluția optimă a compensării.

3. Schema de calcul

Pe baza metodei descrise în paragraful 2 și considerînd graficele de sarcină împărțite în 24 paliere, rezultă că etapele de calcul sînt următoarele :

Etapa 1. Se asigură condiția inițială :

$$K_{m,n} = 0 \quad \text{pentru} \quad \begin{matrix} m = 1,2,\ldots, n_d \\ n = 1,2,\ldots, n_p \end{matrix} \qquad (3)$$

$$K_T = 0$$

Etapa 2. Se calculează constantele și sumele care nu diferă de numărul iterației și nici de consumatori :

$$C_2 = G_1 \cdot Q_1 + K_a \cdot p_{c_1} \cdot B_1 \cdot T_f \cdot Q_1 ;$$

$$C_6 = K_a \cdot p_{c_2} \cdot Q_2 \cdot B_2 \cdot T_f + G_2 \cdot Q_2$$

$$C_3 = \frac{K_a \cdot Q_1 \cdot N_f}{U_{n_1}^2} ; \; C_7 = \frac{K_a \cdot Q_2 \cdot N_f \cdot B_3 \cdot Re}{U_{n_2}^2} \qquad (4)$$

$$C_4 = 2 \cdot Q_{CS}; \qquad C_8 = \frac{K_a \cdot Q_1 \cdot N_f}{U_{n_2}^2}$$

$$S_1 = 2 \sum_{i=1}^{n_t} \sum_{m=1}^{n_d} \sum_{n=1}^{n_p} (Q_{m,n,t} - Q_{Cm,n}) \quad (5)$$

Etapa 3. Se calculează efectul eliminării primului element elementar de compensare (Q_2) de pe barele de medie tensiune ale staţiei :

$$DAT_1 = C_6 - C_7 (S_1 - 24 \cdot C_4 + 24 \cdot Q_2) \quad (6)$$

$$DAT = DAT_1 \quad (7)$$

Etapa 4. După precizarea postului de transformare (j, l), se calculează sumele care depind de postul de transformare şi sînt independente de numărul iteraţiei :

$$SA_{j,l} = 2 \sum_{i=1}^{n_t} (Q_{j,l,i} - Q_{Cj,l} - Q_{Fj,l}) \quad (8)$$

$$SS_{j,l} = 2B_2 \sum_{m=1}^{l} RL_{j,m} \sum_{i=1}^{n_t} \sum_{n=m}^{n_p} (Q_{j,n,i}' - Q_{Cj,n}) \quad (9)$$

Etapa 5. După precizarea numărului iteraţiei (S_5 şi K_T) se calculează pentru postul de transformare (j, l) efectul eliminării unui element de compensare (Q_1) din postul respectiv :

$$S_5 = \sum_{m=1}^{n_d} \sum_{n=1}^{n_p} K_{m,n} \quad (10)$$

$$S_4 = B_2 \cdot Q_1 \sum_{m=1}^{l} RL_{j,m} \left[\sum_{n=m}^{n_p} 2K_{j,m} + 1 \right] \quad (11)$$

$$Q_5 = Q_1 (2K_{j,l} + 1) \quad (12)$$

$$DA_{j,l} = C_2 - C_3 [SS_{j,l} + 24\, S_4 + (SA_{j,l} + 24\, Q_5) B_2 \cdot RT_{j,l}] - [S_1 + (Q_1 - C_4 + 2K_T\, Q_2 + 2Q_1 \cdot S_5) 24] \cdot C_8\, B_3 \cdot Re \quad (13)$$

Etapa 6. Se creşte l cu o unitate şi dacă noul $l \leqslant n_p$, calculele se reiau de la etapa 4, dacă $I_c = 1$ (I_c este prima dată atribuit înaintea etapei de calcul 4) şi de la etapa 5 dacă $I_c = 2$. Dacă $l = n_p + 1$, atunci se creşte j cu o unitate şi dacă noul $j \leqslant n_d$, atunci calculele se reiau de la etapa 4, pentru $I_c = 1$ şi de la etapa 5 dacă $I_c = 2$. În cazul în care $j = n_d + 1$, rezultă că s-a terminat formarea matricei $DA_{j,l}$, pentru $j = 1, 2, \ldots, n_d$; $l = 1, 2, \ldots, n_p$.

Etapa 7. Se caută maximul elementelor matricei $DA_{j,l}$, denumit DAM :

$$DAM = DA_{i,ki} \quad (14)$$

Etapa 8. Dacă $DAM \leqslant 0$ şi $DAT \leqslant 0$, se tipăreşte K_T şi matricea $K_{j,l}$.

Etapa 9. Dacă nu sînt îndeplinite ambele condiţii impuse în etapa 8 şi $DAM < DAT$, se elimină definitiv un element de compensare de pe barele de medie tensiune ale staţiei, deci $K_T = K_T + 1$ şi se trece la o nouă iteraţie după K_T.

Etapa 10 :

$$DAT = DAT_1 - 24 \cdot C_7 (2\, Q_1 S_5 + 2K_T Q_2) \quad (15)$$

$$DAM = DAM - 48 \cdot Q_2 \cdot B_3 \cdot \mathrm{Re} \cdot C_8 \quad (16)$$

Etapa 11. Dacă $DAM \leqslant 0$ şi $DAT \leqslant 0$, se tipăreşte K_T şi matricea $K_{j,l}$.

Etapa 12. Dacă nu sînt îndeplinite condiţiile din etapa 11 şi totodată $K_T \cdot Q_2 < Q_{CS}$, se reiau calculele de la etapa 9.

Etapa 13. Dacă $K_T \cdot Q_2 > Q_{CS}$, sau dacă în etapa 9 se constată că $DAM \geqslant DAT$, atunci se trece la etapa 14.

Etapa 14 :

$$DAT = 0 \quad (17)$$

$$K_{i,ki} = K_{i,ki} + 1 \quad (18)$$

$$S_5 = S_5 + 1 \quad (19)$$

Etapa 15. Dacă $K_T\ Q_2 \leqslant Q_{CS}$, se recalculează DAT cu relaţia :

$$DAT = DAT_1 - C_7 (2Q_1 S_5 + 2K_T \cdot Q_2) \quad (20)$$

Etapa 16. Dacă DAM $\leqslant 0$ şi DAT $\leqslant 0$, se tipăreşte K_T şi matricea $K_{j,l}$. În caz contrar, după atribuirea variabilei de control $I_c = 2$ şi dacă $S_5 \cdot Q_1 < \sum_{m=1}^{n_d} \sum_{n=1}^{n_p} Q_{Cm,n}$, cu $j = 1$ şi $l = 1$, se reiau calculele de la etapa 4.

Dacă $S_5 Q_1 \geqslant \sum_{m=1}^{n_d} \sum_{n=1}^{n_p} Q_{Cm,n}$, utilizatorul este informat că din reţeaua de distribuţie au fost eliminate toate elementele bateriilor de condensatoare montate iniţial.

În figura 3 este prezentată organigrama de calcul, pe baza căreia a fost scris programul în FORTRAN.

4. Rezultate şi concluzii

Programul utilizat pe baza metodei şi a algoritmului descris a fost testat pe o reţea urbană avînd configuraţia ca în figura 1. Reţeaua respectivă este alimentată de la o staţie de transformare de 110/6 kV, avînd 12 distribuitoare de medie tensiune cu cîte 1—6 posturi de transformare pe fiecare distribuitor. Precizăm că în calcul au fost utilizate graficele reale de sarcină reactivă ale posturilor de transformare, precum şi următoarele valori : $G_1 = 175$ lei/kVar,

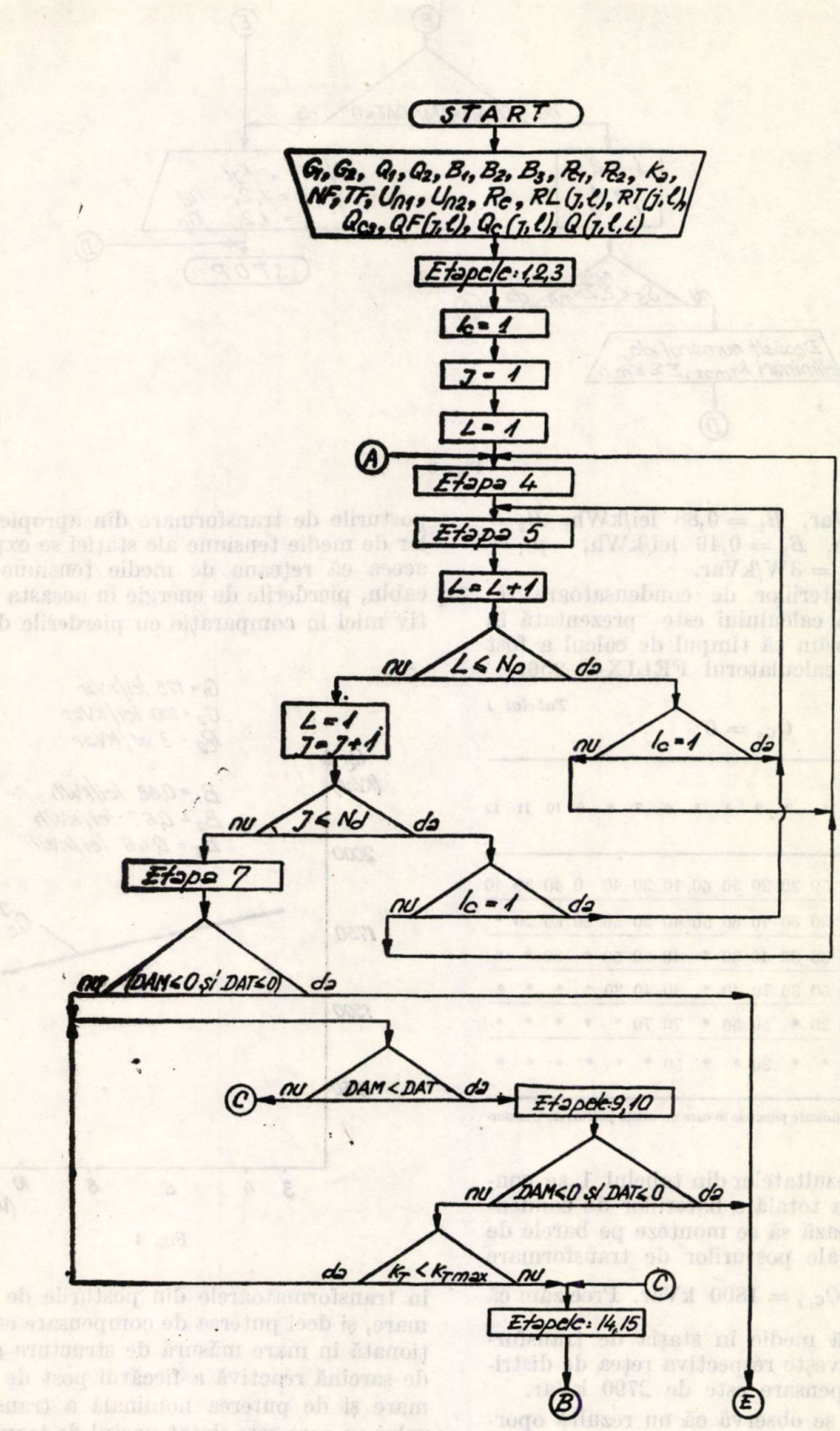

START
G1, G2, Q1, Q2, B1, B2, B3, Rt1, Rt2, K3,
NF, TF, Un1, Un2, Rc, RL(j,l), RT(j,l),
Qc3, QF(j,l), Qc(j,l), Q(j,l,i)
Etapele: 1,2,3
Ic = 1
J = 1
L = 1
A
Etapa 4
Etapa 5
L = L+1
nu
L ≤ Np
da
L = 1
J = J+1
nu
Ic = 1
da
nu
J ≤ Nd
da
Etapa 7
nu
Ic = 1
da
nu
(DAM<0 şi DAT<0)
da
C
nu
DAM < DAT
da
Etapele: 9,10
nu
DAM<0 şi DAT<0
da
da
KT < KTmax
nu
C
Etapele: 14,15
B
E

Fig. 2

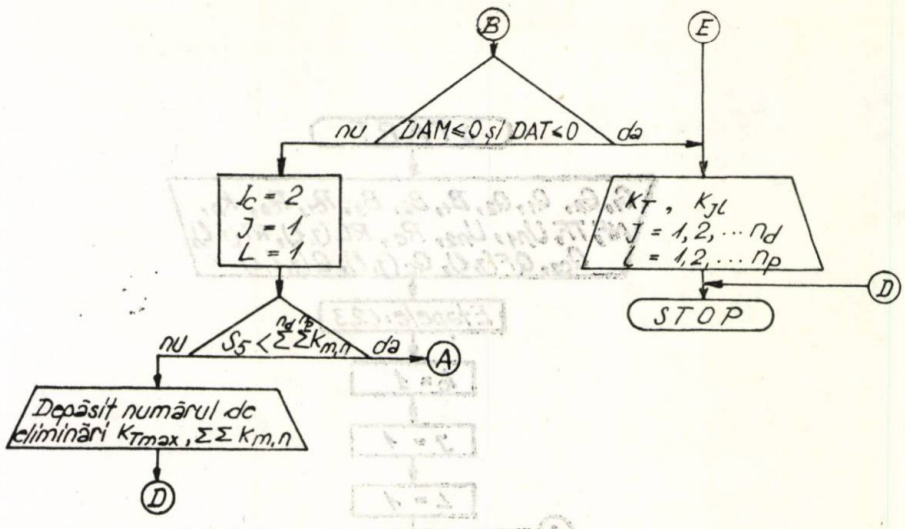


Fig. 3

$G_2 = 100$ lei/kVar, $B_1 = 0{,}88$ lei/kWh, $B_2 = 0{,}67$ lei/kWh, $B_3 = 0{,}46$ lei/kWh, $p_{c1} = 4$W/kVar, $p_{c2} = 3$W/kVar.

Repartiţia bateriilor de condensatoare rezultată în urma calculului este prezentată în tabelul 1. Precizăm că timpul de calcul a fost 3,5 minute pe calculatorul FELIX-C 256.

Tabelul 1

$Q_{C_S} = 0$

$Q_C =$

l \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	50	20	20	50	60	10	30	40	0	40	30	40
2	30	50	40	60	50	40	20	50	20	60	20	*
3	50	30	40	30	*	40	50	50	*	30	*	*
4	50	30	70	40	*	40	40	30	*	*	*	*
5	20	*	50	50	*	70	70	*	*	*	*	*
6	*	*	30	*	*	50	*	*	*	*	*	*

Cu asterisc (*) sînt indicate punctele în care nu există posturi de transformare.

Din analiza rezultatelor din tabelul 1 se constată că puterea totală a bateriilor de condensatoare ce urmează să se monteze pe barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare este de $\sum_{m=1}^{n_d}\sum_{n=1}^{n_p} Q_{Cj,l} = 1800$ kVar. Precizăm că puterea reactivă medie în staţia de transformare care deserveşte respectiva reţea de distribuţie fără compensare este de 2790 kVar.

De asemenea se observă că nu rezultă oportună instalarea bateriilor de condensatoare pe barele de medie tensiune din staţie ($Q_{C_S} = 0$).

Faptul că pe unele distribuitoare rezultă baterii de condensatoare mai mari instalate în posturile de transformare din apropierea barelor de medie tensiune ale staţiei se explică prin aceea că reţeaua de medie tensiune fiind în cablu, pierderile de energie în aceasta sînt relativ mici în comparaţie cu pierderile de energie

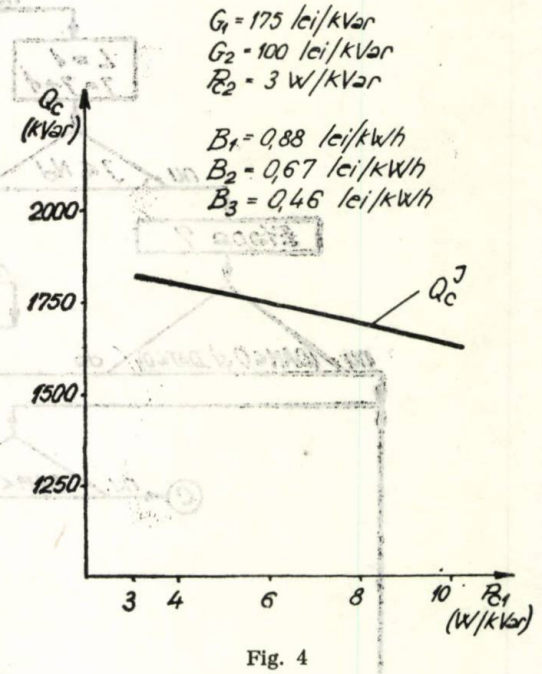


Fig. 4

în transformatoarele din posturile de transformare, şi deci puterea de compensare este condiţionată în mare măsură de structura graficului de sarcină reactivă a fiecărui post de transformare şi de puterea nominală a transformatorului cu care este dotat postul de transformare.

În continuare s-a folosit programul pentru a pune în evidenţă variaţia puterii totale compensate în reţeaua de distribuţie studiată,

parametrizînd principalele valori luate în calcul după cum urmează :

— în figura 4 sînt evidenţiate efectele pierderilor specifice în condensatoare asupra puterii totale reactive economic de compensat;

siune depăşeşte de 3 ori preţul condensatoarelor instalate pe medie tensiune devine economică montarea unei părţi din bateria totală de compensare din reţeaua de distribuţie pe barele de medie tensiune ale staţiei de transformare.

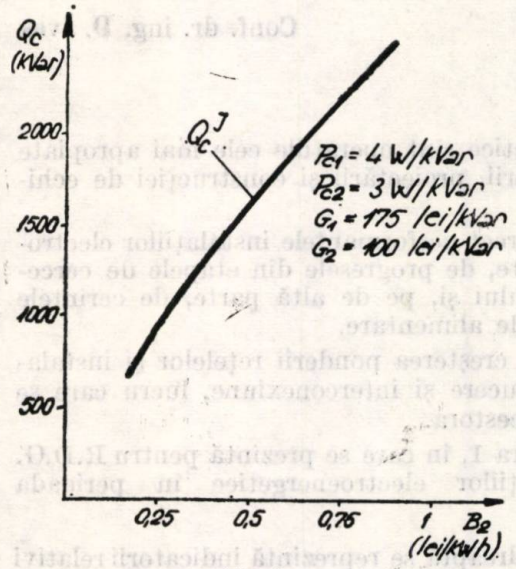


Fig. 5

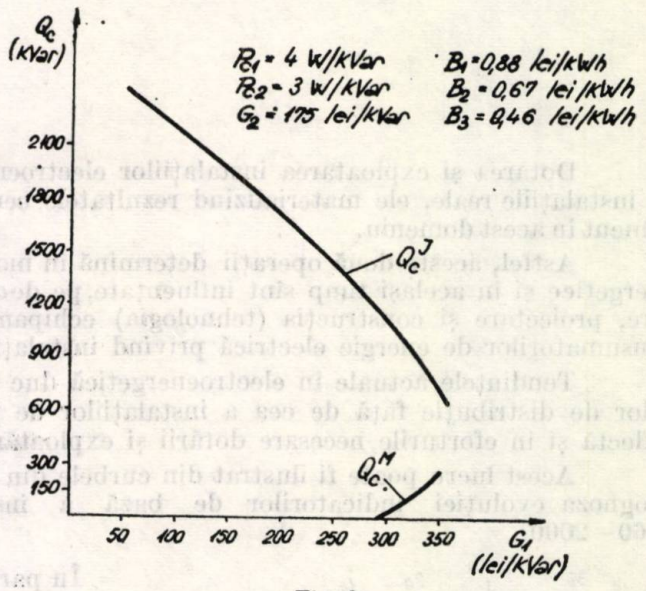


Fig. 6

— în figura 5 este arătată variaţia puterii totale economic de compensat în funcţie de preţul energiei electrice ;

— în figura 6 este indicată variaţia puterii totale economic de compensat în funcţie de preţul condensatoarelor.

Din analiza diagramelor prezentate în figurile 4, 5, 6 se constată că preţul energiei electrice şi preţul bateriilor de condensatoare influenţează puternic nivelul de compensare în reţelele de distribuţie urbană. De asemenea, din figura 6 se observă că numai atunci cînd preţul bateriilor de condensatoare instalate pe joasă ten-

Bibliografie

[1] Poeată, A. şi Georgescu, Gh. *Contribuţii la identificarea parametrilor modelelor matematice pentru optimizarea exploatării şi dezvoltării reţelelor electrice urbane.* Simpozionul „Experienţe şi direcţii privind utilizarea raţională a energiei electrice", Constanţa, 1977.

[2] Georgescu, Gh., Poeată, A. şi Poeată, N. *Rezultatele privind parametrii de sarcină ai reţelelor electrice urbane.* Sesiunea „Optimizări în dezvoltarea şi exploatarea instalaţiilor electroenergetice", Iaşi, 1978.

[3] Poeată, A., Cîrţină, Gh. şi Georgescu, Gh. *Contribuţii la optimizarea dezvoltării surselor reactive în sistemele energetice.* Bul. Inst. politehnic Iaşi, tom. XXIII, fasc. 3—4, 1977.

Secţia III — Soluţii noi privind dotarea şi exploatarea instalaţiilor electroenergetice

Raport general

Conf. dr. ing. D. Ivas

Dotarea şi exploatarea instalaţiilor electroenergetice sînt operaţiile cele mai apropiate de instalaţiile reale, ele materializînd rezultatele cercetării, proiectării şi construcţiei de echipament în acest domeniu.

Astfel, aceste două operaţii determină în mod direct performanţele instalaţiilor electroenergetice şi în acelaşi timp sînt influenţate, pe de o parte, de progresele din etapele de cercetare, proiectare şi construcţia (tehnologia) echipamentului şi, pe de altă parte, de cerinţele consumatorilor de energie electrică privind instalaţiile de alimentare.

Tendinţele actuale în electroenergetică duc spre creşterea ponderii reţelelor şi instalaţiilor de distribuţie faţă de cea a instalaţiilor de producere şi interconexiune, lucru care se reflectă şi în eforturile necesare dotării şi exploatării acestora.

Acest lucru poate fi ilustrat din curbele din figura 1, în care se prezintă pentru R.D.G. prognoza evoluţiei indicatorilor de bază a instalaţiilor electroenergetice în perioada 1960—2000.

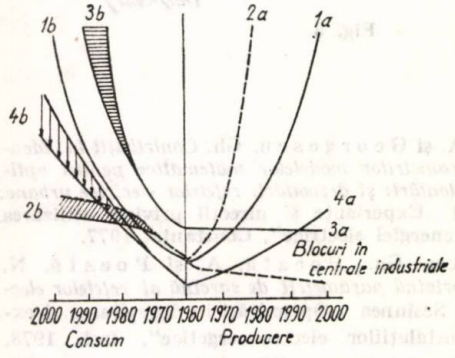


Fig. 1

În partea dreaptă se reprezintă indicatorii relativi la partea de producere, iar în partea stîngă cei referitori la consum.

Curbele *1a* şi *1b* sînt aproximativ identice, reprezentînd producţia şi, respectiv, consumul de energie electrică.

Creşterea producţiei de energie electrică şi cerinţele de economicitate impuno creştere şi mai rapidă a puterii unitare a agregatelor din centralele electrice (curba *2a* punctată).

Dimpotrivă, în privinţa puterii unitare a agregatelor, tehnologia pe partea de consum al energiei electrice, se ating valori de saturaţie (curba *2 b*). Acest fenomen este efectul, pe de o parte, al unor limite naturale, maxime sau optime, atinse, iar pe de altă parte, al modernizărilor proceselor tehnologice în direcţia reducerii consumurilor specifice de energie electrică.

Numărul de unităţi în centralele industriale, impuse doar de consumul de abur, va scădea continuu (curba punctată de sub *3 a*) datorită economicităţii blocurilor de putere mare şi extinderii reţelelor de termoficare alimentate din centralele de putere tot mai mare.

Numărul de receptoare de energie electrică ce compun consumatorii industriali va creşte puternic în continuare, după cum arată curba *3 b*, această creştere fiind una din trăsăturile dominante ale dezvoltării în continuare a electroenergeticii şi fiind rezultatul următoarelor două tendinţe :

— divergenţa între curbele *1 b* şi *2 b*;

— automatizarea şi mecanizarea proceselor tehnologice, acţiuni care presupun multe receptoare de putere relativ mică.

Numărul de unităţi de producere a energiei electrice în centrale (curba *3 a*) va avea în contrast cu numărul receptoarelor o scădere relativă (curba *3 b* reprezintă numărul receptoarelor).

Volumul de instalaţii în centralele electrice (curba *4 a*) va creşte doar puţin în raport cu cel al instalaţiilor din reţelele de distribuţie şi de la consumatori, acesta din urmă fiind reprezentat în figură prin curba *4 b*.

De aici rezultă necesitatea unei analize atente a posibilităţilor de raţionalizare în special a dotării şi exploatării instalaţiilor şi reţelelor de distribuţie în scopul simetrizării curbelor ce

dau volumul de cheltuieli pentru instalaţiile de producere şi de la consumatorii de energie electrică (conform direcţiei indicate de săgeţile de pe curba *4 b*).

Tematica lucrărilor din secţia III se înscrie pe direcţia evidenţierii acestei tendinţe, majoritatea lucrărilor avînd teme care rezolvă problemele reţelelor şi instalaţiilor de distribuţie la consumatori.

1. Direcţii principale abordate

Se poate afirma că în tematica lucrărilor din secţia III se reflectă în mare măsură problemele actuale ale dotării şi exploatării instalaţiilor electroenergetice.

Astfel, cu problema calităţii energiei electrice la consumatori se ocupă aproximativ jumătate din lucrări. Cele mai multe, aproximativ 25 %, tratează fenomenele deformante sub multiplele lor aspecte, cum ar fi :

— cauze şi efecte — referatul III. 1 ;
— mijloace de măsurare — III. 3 ;
— indicatori de evaluare — III. 2 ;
— instalaţii de combatere (reducere a intensităţii fenomenului) — III. 4 ;
— efecte asupra sistemului energetic — III. 10.

Modernizarea instalaţiilor şi echipamentelor face de asemenea obiectul unei grupe mari de lucrări. Astfel sînt propuse echipamente pentru :

— măsurare şi alarmare în cazul poluării peste limite a izolaţiei — III. 5 ;
— îmbunătăţirea performanţelor protecţiilor de distanţă — III. 12 ;
— îmbunătăţirea preciziei de măsură a energiei la consumatori şi a consumului tehnologic în reţele — III. 14 ;
— perfecţionarea măsurării parametrilor prizelor de pămînt — III. 17 ;
— măsurarea puterilor şi energiilor de nesimetrie — III. 15 ;
— creşterea calităţii tensiunii la consumatori şi amînarea unor cheltuieli de investiţii — III. 24 ;
— îmbunătăţiri constructive şi modernizarea exploatării transformatoarelor de forţă — III. 20 ;
— desensibilizarea acţionărilor sincrone la goluri şi pauze de tensiune — III. 8 şi optimizarea funcţionării maşinii cu comutaţie electronică — III. 25.

O altă grupă de lucrări se ocupă cu modernizarea exploatării. Astfel :

— folosirea tehnicilor de calcul electronic pentru decizii optime privind lucrările de exploatare în reţelele de distribuţie — III. 6, III. 7, III. 26, III. 27 ;
— introducerea lucrului sub tensiune în reţelele de transport şi distribuţie — III. 13 ;
— mărirea duratei dintre două revizii la întrerupătoarele de medie tensiune cu efecte directe asupra reducerii costului exploatării — III. 16 ;
— aplicarea metodelor de analiză a sistemelor pentru determinarea măsurilor de creştere a productivităţii muncii în întreprinderile de reţele electrice — III. 7.

2. Conţinutul lucrărilor

În referatul III. 1 se analizează mai întîi sursele de armonici, efectele armonicilor şi metodele de combatere a lor. După o trecere în revistă a surselor de „poluare a reţelelor cu armonici", se analizează în continuare stadiul actual de normare a gradului maxim de deformare a undelor de curent şi tensiune, la noi în ţară şi în alte ţări.

Urmează o analiză detaliată asupra modului în care acţionează fiecare categorie de receptoare deformante asupra undei de tensiune şi de curent, prezentîndu-se efectele convertizoarelor statice, ale cuptoarelor cu arc, instalaţiilor de sudură, iluminat fluorescent, transformatoarelor de forţă în regim saturat etc.

Se prezintă rezultatele şi concluziile obţinute de autori în urma măsurătorilor la un număr mare de consumatori, prezentarea efectelor armonicilor asupra elementelor reţelei şi metodele de combatere.

În lucrarea III. 2 se subliniază că apariţia fenomenului deformant în reţelele electrice a ridicat problema găsirii unui indicator de calitate pentru energia electrică la consumator, cum este cunoscuta noţiune de putere deformantă introdusă în tehnica mondială de acad. C. Budeanu şi care a dat răspuns acestei probleme.

Metoda de calcul necesară stabilirii acestei puteri se bazează pe cunoaşterea mărimilor efective ale armonicilor de tensiune şi curent, precum şi pe cunoaşterea defazajelor.

Introducerea oscilogramelor, inclusiv a acelora date de bucla de putere, ridică problema interpretării directe a acestora și găsirea, pe baza lor, a unui indicator de calitate a energiei electrice.

În lucrare se propune o metodă de calcul a unor astfel de indicatori, se arată ipotezele și concluziile de bază ale metodei propuse, menționîndu-se că interpretarea fizică a rezultatelor necesită cunoașterea noțiunii de putere deformantă.

Referatul III. 3 se ocupă de mijloacele și metodele de măsurare a semnalelor deformate din instalațiile electrice industriale. Se evidențiază cele două căi de analiză armonică, și anume :

— analiza în domeniul frecvenței ;

— analiza în domeniul timp,

subliniindu-se că cea de-a doua cale este mai completă. Se clasifică în continuare analizoarele de armonici : de selecție, tip heterodină, hibride (real-time), de tip calculator, și se prezintă performanțele și domeniile de aplicare a acestora, insistîndu-se asupra criteriilor ce trebuie să stea la baza alegerii unui anumit tip de aparat din cele ce se oferă deja de către furnizori.

Se prezintă apoi metoda oscilografierii semnalelor deformate, metodă mai economică, singura aplicabilă la semnalele a căror formă este variabilă în timp. În continuare sînt date etapele aplicării metodei și schemei de racordare a aparatului de înregistrare, scheme care introduc cele mai mici erori. În aceste scheme este necesar ca aparatele conținînd bobine cu miez feromagnetic să fie scoase din circuitul secundar al transformatorului de măsură. Odată obținute oscilogramele, acestea pot fi prelucrate cu ajutorul calculatorului pentru determinarea indicatorilor urmăriți.

În referatul III. 4 se analizează mai întîi sursele de armonici de tensiune (transformatoarele saturate, mașini sincrone în sarcină dezechilibrată, bobine cu miez de fier etc.) și de curent (redresoare, lămpi fluorescente și receptoare cu arc electric), scoțîndu-se în evidență gama de armonici generată de fiecare dintre ele.

Se analizează apoi efectul armonicilor asupra componentelor rețelelor și instalațiilor electrice.

Armonicile de curent produc : supratensiuni de rezonanță, distorsionarea undei de tensiune, pierderi mărite prin creșterea puterii aparente, pierderi și cupluri parazite în mașinile electrice, perturbații în instalațiile de măsură, de telecomunicații și în protecțiile prin relee.

În continuare se prezintă metodele de eliminare a efectelor armonicilor, insistîndu-se asupra modului de calcul al filtrelor cu rol și de compensare a factorului de putere. În final sînt prezentate soluțiile funcțional-constructive pentru filtrele montate la I. T. Roman.

Referatul III. 5, deosebit de amplu, se ocupă de problema poluării izolației într-o zonă cu puternică industrie chimică. Se prezintă efectele poluanților, soluții de combatere, o analiză de detaliu a factorilor de agresivitate, modul de recoltare a probelor și interpretarea lor.

În continuare se prezintă o instalație realizată și folosită pentru încercări de izolatoare în condiții de poluare treptată, protejate sau nu cu unsori siliconice, în condiții variabile privind umiditatea atmosferică. S-au obținut concluzii foarte importante pentru exploatare, care au condus la realizarea instalației de supraveghere, alarmare și combatere a conturnării izolației instalațiilor plasate în medii intens poluate.

Instalația folosește ca mărime de intrare curentul de fugă, prin valoarea efectivă sau prin conținutul său în armonici, și este destinată fie alarmării, fie comenzii punerii în funcțiune a unor aeroterme care să reducă umiditatea aerului în zona izolatoarelor.

Lucrarea III. 6 aduce contribuții la îmbunătățirea și folosirea programelor de calcul pentru nivelele de tensiune și pierderile de putere la optimizarea deciziilor privind lucrările de revizii și reparații în rețelele de distribuție.

Se prezintă îmbunătățirile (completările) aduse programelor, precum și adaptarea acestora pentru a fi folosite direct în scopul simplificării interpretării rezultatelor. Sistemul conceput creează condiția ca, pe baza kilometrilor echivalenți, funcție de costuri să se poată face o defalcare echitabilă a bugetului de cheltuieli de către întreprindere pentru subunități. El poate fi aplicat și la nivelul centralei industriale pentru defalcarea bugetului de cheltuieli pe întreprinderi.

Centrala industrială are nevoie, în acest caz, de volumul de instalații al întreprinderilor corelat cu starea tehnică (gradul de uzură) și de stadiul lucrărilor la principalele acțiuni.

Acest sistem permite introducerea prelucrării automate a datelor și în cadrul activității de planificare, programare și urmărire a lucrărilor în instalații.

Aplicarea programelor permite o centralizare la nivelul întreprinderii a unui mare număr de planuri de lucrări, programe, liste de materiale etc., eliminînd gradul lor de subiectivitate și creînd condiții personalului tehnic din subunități să se ocupe de lucrări și de probleme tehnice de specialitate.

Lucrarea III.7 se ocupă de perfecționarea sistemului de organizare și conducere în vederea cunoașterii productivității muncii la IRE Iași.

Pornind de la definiția productivității, se evidențiază particularitățile acestui indicator în cadrul întreprinderilor de rețele electrice unde energia electrică vîndută depinde numai parțial de eforturile acestei întreprinderi și de asemenea de consumatori. Se analizează dependența dintre productivitate și gradul de organizare. Se face o analiză sistemică a întreprinderii, evidențiindu-se importanța legăturilor de interconexiune, puternice, cu alte întreprinderi (productivitatea muncii în întreprinderea de rețele fiind determinată de funcționarea consumatorilor și a producătorilor de energie) și necesitatea unei coordonări centralizate a acestor interconexiuni.

Din această analiză rezultă căile de creștere a productivității muncii grupate pe cele cinci funcțiuni principale, rezultînd o serie de măsuri cum ar fi : telemecanizarea stațiilor de transformare și a punctelor de alimentare, introducerea calculatorului de proces la dispecer, înființarea în cadrul întreprinderii a unui compartiment de exploatare care să coordoneze regimurile de funcționare a instalațiilor proprii cu cele ale consumatorilor și cu efect de reducere a numărului de legături între compartimente, pe linia activității de exploatare a instalațiilor, modificarea periodicității de revizie a contoarelor monofazate, îmbunătățirea sistemului informațional din întreprindere, îmbunătățirea organizării reviziilor la liniile electrice de medie tensiune folosind formații comasate etc.

Referatul III.8 se referă la desensibilizarea acționărilor cu motoare sincrone la goluri și pauze de tensiune. Se analizează mai întîi efectele golurilor de tensiune asupra unor procese tehnologice, subliniindu-se inevitabilitatea acestora în cazul alimentărilor din sistemul energetic.

Se prezintă apoi gradul mare de sensibilitate a motoarelor sincrone la golurile și pauzele de tensiune și posibilitățile de resincronizare la reapariția tensiunii.

Este descrisă în continuare o instalație de comandă a motoarelor sincrone care să permită măsurarea parametrilor esențiali ai sistemului de alimentare și pregătirea motorului pentru resincronizare. Instalația este prezentată sub forma unor scheme-bloc ; ea a fost realizată (multe din elemente, în special traductoare, făcînd obiectul unor brevete de invenție) și a fost testată la un mare consumator industrial din industria chimică pentru o acționare de 250 kW, 6 kV, cu pauze de tensiune de $0{,}25 \div 3 \times 3{,}5$ secunde.

Rezultatele prezentate sub formă de oscilograme dovedesc calitățile instalației.

În referatul III.9 sînt prezentate posibilitățile de realizare a elementelor de măsură a impedanței cu un nou timp de formator de funcții în componența căruia sînt utilizate modulatoarele magnetice cu ieșire la frecvență dublă. Acestea pot constitui elemente de pornire și măsură ale protecțiilor de impedanță.

Protecțiile realizate au avantajul că sînt realizate cu elemente statice de măsură a impedanței pe principiul comparării valorilor absolute sau a defazărilor și pot avea caracteristici de acționare de diferite tipuri (circulare, drepte sau combinate), sînt comod de realizat, au erori de discontinuitate mai mici, iar insensibilitatea elementului de nul nu determină o deformare pronunțată a caracteristicii de acționare circulară.

Lucrarea III.10 prezintă posibilitățile de apariție a supratensiunilor de rezonanță armonică în liniile electrice de foarte înaltă tensiune. După ce se analizează apariția armonicilor și modul în care acestea pot provoca supratensiuni, se face o analiză de detaliu a regimurilor în care pot apărea configurații critice din acest punct de vedere.

După ce se subliniază faptul că în rețelele de 220 și 400 kV frecvențele proprii de rezonanță au aceleași domenii de existență ca și spectrul de frecvență al armonicilor curente (3—25), se analizează situațiile în care pot apărea în rețea puncte de amplificare periculoasă a armonicilor.

Se iau în considerație amplificările și atenuările ce se produc la propagarea oscilațiilor armonice, determinîndu-se valorile maxime pe care le pot atinge tensiunile în diferite puncte.

Se subliniază necesitatea completării rezultatelor cunoscute cu măsurători practice în sistem.

Lucrarea III.11 se ocupă cu folosirea calculatoarelor numerice la optimizarea sistemelor automate cu bucle interconectate, cu aplicație practică la subsistemul aer-gaze al cazanului de 1035 t/h.

Se compară rezultatele obținute folosind optimizarea în spațiu continuu al parametrilor și optimizarea în spațiu discret al parametrilor.

Pentru optimizarea în spațiu continuu a parametrilor s-au folosit metodele de gradient și relaxare. Metodele de gradient s-au dovedit mai eficiente din punctul de vedere al convergenței procedurilor ; mai eficientă a rezultat metoda gradientului conjugat.

Procedura de optimizare parametrică în spațiul discret s-a dovedit cea mai eficientă.

În referatul III. 12 se prezintă o schemă de comandă a unei punți de redresoare cu elemente comandate, care realizează un consum mic de putere reactivă și un efect deformant asupra rețelei mult atenuat.

Acest lucru rezultă din aceea că tiristoarele principale ale punții trifazate îndeplinesc, pe rînd, funcția de diode de descărcare de curent reactiv, comutația lor fiind forțată.

Reducerea efectului deformant se obține prin defazarea impulsurilor generatoare de tact cu valori convenabile.

Lucrarea III.13 tratează una dintre problemele actuale ale electroenergeticii de la noi, și anume lucrul sub tensiune.

Se dau definițiile, se prezintă metodele de lucru, restricțiile, cerințele pentru personal și pentru scule și echipament de protecție, încercările și întreținerea acestuia din urmă, precum și pregătirea personalului.

Despre posibilitățile de diminuare a erorilor de măsură a energiei la consumatori se ocupă lucrarea III. 14.

Se analizează aceste erori la consumatorii cu o curbă de sarcină puternic variabilă și se propune o schemă de legare a contoarelor, care elimină aceste erori.

Instalația folosește două grupe de transformatoare de curent care se comută în funcție de sarcină.

În referatul III.15 se propun scheme pentru măsurarea puterii, respectiv energiei de nesimetrie în cazul instalațiilor trifazate cu patru conductoare. De asemenea, se analizează schemele de legătură ale aparatelor de măsură în toate combinațiile posibile și coeficienții de calcul corespunzători.

Referatul III. 16 analizează posibilitățile de creștere a numărului de deconectări admise între două revizii la întrerupătoarele de 20 kV. Pe baza unui model testat pe un program de calcul și a unei analize de detaliu a solicitărilor reale a întrerupătoarelor și a stării acestora după numărul de deconectări normat, se conchide că :

— actualele limite impuse de fabrică pentru numărul de deconectări pe defect sînt mult prea acoperitoare și conduc la un număr suplimentar de lucrări de întreținere ;

— sînt posibile îmbunătățiri constructive la întrerupătoare, care să simplifie operațiile de exploatare, în sensul reducerii numărului de revizii și reparații.

În lucrarea III.17 se descrie un grup electrogen mobil care permite măsurarea directă a tensiunilor de atingere și de pas, înlăturînd concluziile eronate de a extinde unele prize de pămînt numai pe criteriul valorii rezistenței.

Lucrarea III.18 prezintă un generator de impulsuri cu magnetizare ortogonală care poate fi folosit ca releu simplu, releu de comandă sincronizată a întrerupătoarelor, măsurări de defazaj și de curenți alternativi prin metodele de comparare.

Concluzii privind modernizarea construcției și exploatării transformatoarelor de forță în scopul creșterii siguranței în funcționare a acestora sînt date în lucrarea III.20.

Se face o analiză de detaliu a defectelor în transformatoarele care au necesitat reparații în ultimii 18 ani, clasificîndu-se defectele de elemente (bobinaje, comutatoare, miez magnetic, izolatoare și anexe) și pe cauze (erori de proiectare, de execuție, de exploatare), evidențiindu-se măsurile necesare pentru reducerea defectelor în transformatoare pe elemente și chiar pe furnizori, precum și măsuri necesare în exploatare.

Foarte important este setul de măsuri ce a fost introdus în urma cercetării la URTAE Roman, măsuri care vor duce la creșterea siguranței în funcționare a transformatoarelor.

Printre acestea se evidențiază activitatea de realizare a echipamentului de verificări specifice la repararea transformatoarelor și chiar preocupări de modernizare a echipamentelor auxiliare ale transformatorului. În lucrare se prezintă schemele și performanțele acestor echipamente, unele dintre ele făcînd obiectul unor brevete.

Lucrarea III.21 se ocupă de cercetarea fenomenului de flicker în rețelele de energie electrică și realizarea unui flickermetru. Se prezintă modul de producere a fenomenului, efectele lui multiple și limitele admisibile din diferite puncte de vedere. Pe baza acestora s-a conceput un flickermetru, al cărui principiu este prezentat în lucrare.

Lucrarea III. 22 se ocupă de optimizarea instalațiilor de alimentare cu energie electrică a liniilor de contact pentru vehiculele ramă urban și suburban la care linia de contact este alimentată în c.c.

Este elaborat un model de optimizare avînd drept funcție-obiectiv cheltuielile totale actualizate și care permite determinarea numărului optim de stații de injecție și a tensiunii primare optime.

O metodologie de identificare prin măsurători directe a parametrilor elementelor sistemului electroenergetic și rezultatele obținute se dau în referatul III.23. Se scriu ecuațiile liniilor și pentru rezolvarea nedeterminării (rezultă 6 ecuații pentru 7 necunoscute) se propune deter-

minarea unora dintre parametri prin măsurători directe. La linii se măsoară simultan curentul, puterea şi tensiunea la ambele capete, iar la generatoare de asemenea tensiunea şi curentul.

Se explică geneza diferenţelor între valorile pierderilor calculate folosind parametrii obţinuţi prin metodele clasice şi cele rezultate prin măsurători directe.

Lucrarea III.24 se ocupă de oportunitatea montării unui autotransformator 20/20+ + 7,4% kV la capătul liniilor lungi care pleacă de pe aceeaşi bară cu alte linii scurte. Se descrie modul de realizare constructivă a autotransformatorului şi avantajele introducerii lui pe linie. Rezultă, pe lîngă o creştere a calităţii energiei la consumatori, şi o decalare a investiţiilor corespunzătoare unei staţii de 110/20 kV cu pînă la 2 ani. Dacă luăm în considerare şi posibilitatea mutării acestui autotransformator, rezultă că el poate deveni un auxiliar al exploatării, rezolvînd comod unele probleme de calitate a energiei în reţelele de 20 kV.

În timpul sesiunii au mai fost depuse următoarele două lucrări, care nu apar în program şi nici în volum:

Referatul III. 26 evidenţiază particularităţile procesului de supraveghere şi comandă a staţiilor electrice, precum şi folosirea echipamentelor de telemecanică cu microprocesoare, care duc la îmbunătăţirea întregului sistem prin:

— diminuarea riscului de pierdere a informaţiilor prin memorare;

— reducerea volumului de informaţii transmise prin transmiterea unor informaţii sintetice (prelucrate);

— îmbunătăţirea preciziei şi reducerea gradului de erori;

— aceste echipamente pot prelua funcţiile protecţiilor, telecomenzilor, înregistrării datelor;

— este deci necesar ca ele să fie rezervate. Rezervarea se face ierarhic, pe un principiu asemănător centralelor telefonice. Apariţia mini- şi microprocesoarelor face problema din ce în ce mai actuală şi din punctul de vedere al preţului.

Se prezintă situaţia actuală în lume şi se subliniază necesitatea studiilor teoretice, deoarece problemele mai dificile sînt cele de elaborare a programelor. Se prezintă perspectiva folosirii calculatoarelor în staţii la noi în ţară, nominalizîndu-se funcţiunile ce vor putea fi preluate de acestea în diferite etape.

Lucrarea III.27 se ocupă de soluţiile optime de telemecanizare a reţelelor electrice de distribuţie. Mai întîi se evidenţiază avantajele telemecanizării (creşterea productivităţii muncii, mărirea eficacităţii conducerii operative printr-o informare mai completă a operatorilor, creşterea siguranţei în funcţionare, a calităţii energiei electrice şi optimizarea funcţionării). În continuare se prezintă stadiul introducerii telemecanizării în reţelele de distribuţie din diferite ţări, evidenţiindu-se faptul că telemecanizarea este o treaptă obligatorie spre introducerea tehnicii de calcul în aceste reţele. Se subliniază cerinţele obligatorii de reconsiderare a concepţiilor actuale de echipare a punctelor de comandă care să permită conducerea dintr-un singur punct a unui număr de 8—25 staţii.

În final se prezintă modul de aplicare a acestor concepţii în reţelele de distribuţie din cadrul IRE Suceava.

3. Concluzii şi probleme supuse dezbaterii

Dintre problemele care vor lua amploare în viitor, legate de tematica secţiei, sînt de menţionat:

— combaterea fenomenului deformant, în special prin măsuri la sursele de armonici (problemă impusă de creşterea ponderii consumatorilor deformanţi); posibilităţi de reducere a agresivităţii deformante a unor receptoare (exemplu referatul III.12);

— modernizarea organizării exploatării şi introducerea în acest scop a tehnicilor de calcul;

— modernizarea dotării punctelor de conducere operativă a reţelelor, telemecanică, telemecanică inteligentă, microprocesoare şi calculatoarele de proces;

— simplificarea instalaţiilor şi a exploatării prin:

— simplificarea schemelor, reducerea volumului de revizii şi reparaţii (referatul III. 16 —la întrerupătoarele de 20 kV);

— analiza avariilor şi înlăturarea cauzelor care le produc (referatul III. 20—la transformatoare);

— modernizarea receptoarelor, problemă care să stea în atenţia celor care aleg şi echipează receptoarele (referatul III. 8 —pentru motorul sincron).

Considerații asupra fenomenului deformant. Stabilirea unui indicator de calitate dedus pe bază de măsurători efectuate cu bucla de putere

Prof. dr. ing. **Arie A. Arie**

Apariția fenomenului deformant în rețelele electrice a pus problema măsurării calității energiei transmise.

Cum este cunoscut, o contribuție de bază privind problema de mai sus a adus-o, în literatura tehnică mondială, acad. prof. Constantin Budeanu, prin introducerea noțiunii de „putere deformantă". Această metodă se bazează în principal pe cunoașterea valorilor eficace ale armonicilor de curent și de tensiune și pe defazajele dintre acesta.

Introducerea în tehnică a oscilografului—respectiv a oscilogramelor, inclusiv a celor date de bucla de putere — ridică problema interpretării directe a acestora și găsirea, pe baza lor, a unui indicator de calitate în funcție de armonicile curbelor respective.

Lucrarea de față își propune să interpreteze în special curba de putere și să stabilească, pe pe baza armonicilor acestei curbe, un indicator de calitate.

Pentru aceasta, pornind de la inegalitatea lui Schwartz, în lucrare se introduce noțiunea de „abatere pătratică", ΔP^2, între suma valorilor pătratice ale puterii transmise instantaneu, sumă mediată pe o perioadă, și pătratul mediei acestei valori considerate în același interval de timp (T).

Se vor studia două cazuri:

Cazul a. Se consideră că se cunosc oscilogramele curbelor de curent și de tensiune. În acest caz, abaterea medie pătratică va fi egală cu:

$$\Delta P^2_{A,V} = \left(\frac{1}{T}\int_0^T u^2\,\mathrm{d}t\right)\cdot\left(\frac{1}{T}\int_0^T i^2\,\mathrm{d}t\right) - \left[\frac{1}{T}\int_0^T ui\cdot\mathrm{d}t\right]^2, \quad (1)$$

unde vom defini:

$\Delta P^2_{A,V}$ — abaterea medie pătratică în raport cu ansamblul informațiilor obținute pe baza curbelor de curent și și de tensiune.

Pentru a se stabili semnificația relației (1) în raport cu noțiunile cunoscute în literatura tehnică, se va folosi transformata în complex de forma:

$$\underline{K}_n[f(t)] = \frac{2j}{T}\int_0^T \mathrm{e}^{-jn\omega t}\cdot f(t)\cdot\mathrm{d}t \quad (2)$$

$$j = \sqrt{-1}$$

De observat că pentru $n = 0$ relația (2) devine:

$$\underline{K}_0\cdot[f(t)] = \frac{2j}{T}\int_0^T f(t)\cdot\mathrm{d}t \quad (3)$$

Pe baza relațiilor (1) și (3) se notează:

$$\frac{1}{T}\int_0^T u^2\cdot\mathrm{d}t = \frac{1}{2j}\,\underline{K}_0\,[u^2] \quad (4)$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T i^2\,\mathrm{d}t = \frac{1}{2j}\,\underline{K}_0\,[i^2] \quad (5)$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T u\cdot i\cdot\mathrm{d}t = \frac{1}{2j}\,\underline{K}_0[u\cdot i] \quad (6)$$

Ținîndu-se seama de relațiile de mai sus, ecuația (1) devine:

$$\Delta P^2_{A,V} = \frac{1}{2j}\,\underline{K}_0[u^2]\cdot\frac{1}{2j}\,\underline{K}_0\,[i^2] - \left[\frac{1}{2j}\,\underline{K}_0(ui)\right]^2 \quad (7)$$

Aplicînd regulile produsului de compoziție, în cazul unor funcții impare, se obține:

$$K_0[u^2] = \frac{1}{2j}\,[\underline{U}_1\cdot\underline{U}_{-1} + \underline{U}_3\cdot\underline{U}_{-3} + \ldots + \underline{U}_n\cdot\underline{U}_{-n} + \underline{U}_{-1}\cdot\underline{U}_1 + \ldots + \underline{U}_{-n}\cdot\underline{U}_n]$$

Dar

$$\underline{U}_{-1} = -\,\underline{U}_1^*$$

De unde

$$\underline{K}_0[u^2] = j\sum_1^{m=\infty}\underline{U}_m^2 \quad (8)$$

În mod analog se obține:

$$K_0[i^2] = j\sum_1^{m=\infty} I_m^2 \quad (9)$$

și

$$K_0(ui) = j\,real\sum_1^{m=\infty}\underline{U}_m\cdot I_m^* \quad (10)$$

De observat că expresia (10) este proporțională cu puterea activă.

Ținînd seama de (1), (8), (9) și (10), se obține:

$$\Delta P^2_{A,V} = \frac{1}{4}\left[\left(\sum_1^{m=\infty}U_m^2\right)\cdot\left(\sum_1^{m=\infty}I_m^2\right) - \left[\sum_1^{m=\infty}real\,(\underline{U}_m\cdot\underline{I}_m)\right]^2\right] \quad (11)$$

sau încă :

$$\Delta P^2_{A,V} = \frac{1}{4}\left[\left(\sum_1^{m=\infty} U_m^2\right)\left(\sum_1^{m=\infty} I_m^2\right) - \left[\sum_1^{m=\infty} U_m I_m \cos(\psi_m - \varphi_m)\right]^2\right] \quad (12)$$

Ordonînd termenii relației (12), se capătă :

$$\Delta P^2_{A,V} = \frac{1}{4}\left[\left(\sum_1^{m=\infty} U_m I_m \sin(\psi_m - \varphi_m)\right)^2 + \sum_1^{m=\infty}\sum_1^{n=\infty}(U_m^2 \cdot I_n^2 + U_n^2 I_m^2 - 2U_m \cdot U_n I_m I_n \cos(\psi_m - \varphi_m + \psi_n - \varphi_n))\right] \quad (13)$$

Cum este cunoscut, relația (13) este tocmai pătratul puterii fictive, exprimată în valori maxime ale lui U_m și I_n.

$$P_f^2 = P_r^2 + P_d^2 \quad (14)$$

Deci :

$$\Delta P^2_{A,V} = P_r^2 + P_d^2 = P_f^2 \quad (15)$$

În cazul unei structuri în care nu apare fenomenul deformant, deci $P_d = 0$, abaterea medie pătratică este chiar puterea reactivă a structurii.

$$\Delta P^2_{A,V} = P_r^2 \quad (16)$$

Cazul b. Se consideră că se cunoaște oscilograma curbei de putere. Folosind această curbă, în cazul unui regim oarecare, se va defini abaterea medie pătratică de putere cu relația :

$$\Delta P_p^2 = \frac{1}{T}\int_0^T u^2 i^2 \mathrm{d}t - \left(\frac{1}{T}\cdot\int_0^T ui\,\mathrm{d}t\right)^2 \quad (17)$$

sau

$$\Delta P_p^2 = \frac{1}{T}\int_0^T p^2 \cdot \mathrm{d}t - \left(\frac{1}{T}\int_0^T p\,\mathrm{d}t\right)^2 \quad (18)$$

Pentru a vedea semnificația fizică și a acestei mărimi, se compară :

$$\Delta P^2_{A,V} \text{ cu } \Delta P_p^2$$

Pentru aceasta, se va folosi tot transformata în complex pe un interval T și se va analiza termenul :

$$E = \frac{1}{T}\int_0^T u^2 i^2 \mathrm{d}t = \frac{1}{2j} K_0(u^2 i^2) \quad (20)$$

Aplicînd regula produsului de compoziție, se observă că expresia

$$\underline{K}_0[u^2 i^2] = \frac{1}{2j}\sum_{m=-\infty}^{m=\infty} \underline{K}_m[u^2]\cdot\underline{K}_{-m}[i^2] \quad (21)$$

conține pentru $m = 0$ termeni proporționali cu $\underline{K}_0[u^2]\cdot\underline{K}_0[i^2]$, caz studiat anterior, plus alți termeni pentru $m \neq 0$.

Pentru a se pune în evidență și acești termeni, relația E se mai poate scrie :

$$E = \frac{1}{2j}\underline{K}_0[(ui)\,(ui)] = \frac{1}{2j}\left[\frac{1}{2j}\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}\underline{K}_m(ui)\cdot \underline{K}_{-m}(ui)\right] = \frac{1}{2j}\sum_{m=-\infty}^{m=\infty}\frac{1}{2j}\left[\sum_{\lambda=-\infty}^{\lambda=+\infty}\underline{U}_{m-\lambda}\cdot\underline{I}_\lambda\right]\cdot \frac{1}{2j}\left(\sum_{\lambda=-\infty}^{\lambda=\infty}\underline{U}_{-(m-\lambda)}\cdot\underline{I}_{-\lambda}\right) \quad (22)$$

Analizînd expresia (22) și ținînd seama de expresia (21), se observă că pentru $m = 0$, apar termeni conținuți în puterea fictivă ; pentru $m - \lambda = \lambda$, deci pentru $m = 2\lambda$, apar termeni care exprimă puterea fluctuantă, putere care apare în regim de funcționare nesimetric sau monofazat. Pentru $m \neq 2\lambda$, apar puteri fluctuante reciproce între armonici de ordin diferit.

În concluzie, indicatorul de abatere medie pătratică relativ la putere, ΔP_p^2, conține atît indicatorii care pot apărea pe bază de interpretări volt-amperice, cît și cele de ordin fluctuant (ca, de exemplu, în cazul unui circuit monofazat, sau trifazat dezechilibrat). După cum este cunoscut, aceste puteri fluctuante înrăutățesc transferul de putere.

Se poate conchide deci că indicatorul ΔP_p^2 reflectă nu numai fenomenul deformant, dar și prezența puterii fluctuante în sistem.

Concluzii

În lucrare s-au introdus doi indicatori de calitate ai puterii transferate într-un sistem electric.

Primul indicator, denumit „abaterea medie pătratică", $\Delta P^2_{A,V}$, folosește oscilogramelor de tensiune și curent. Cel de-al doilea indicator, ΔP_p^2, folosește oscilogramelor de putere.

Indicatorul $\Delta P^2_{A,V}$ corespunde puterii fictive, iar cel de-al doilea, ΔP_p^2, reflectă atît puterea fictivă cît și pe cea fluctuantă.

Gonsideraţii privind posibilităţile de apariţie a supratensiunilor de rezonanţă armonică în liniile electrice de foarte înaltă tensiune

Ing. R. Sfichi *)

1. Consideraţii generale

Proliferarea în reţelele electrice a elementelor cu caracteristică neliniară are drept consecinţă creşterea circulaţiei curenţilor armonici în liniile de înaltă tensiune şi, ca urmare, deformarea curbei de tensiune şi curent.

Cele mai importante surse de curenţi armonici în sistemele energetice sînt redresoarele, tracţiunea electrică, cuptoarele electrice cu arc şi transformatoarele de forţă.

Alţi consumatori cu efect deformant mai sînt transformatoarele de sudură, motoarele de inducţie şi lămpile cu fluorescenţă.

Transformatoarele de forţă, din cauza caracteristicii neliniare de magnetizare, generează tensiuni armonice îndeosebi la orele de sarcină redusă, cînd tensiunea reţelei este ridicată.

Măsurătorile făcute în diferite staţii de 6—400 kV din ţara noastră au relevat o cotă importantă de curenţi armonici cu frecvenţa între 100 şi 1250 Hz şi distorsiunea tensiunii pînă la 12% [4].

În anumite condiţii critice pot apărea în reţele fenomene de amplificare a curentului sau tensiunii la o anumită frecvenţă armonică. Acestea se datorează circuitelor oscilante formate din inductanţele şi capacităţile elementelor de reţea.

Amplificarea undelor armonice face posibil ca o deformare slabă a undei lîngă sursa de armonici să fie cauza unor deformări importante la capătul liniilor lungi din sistem.

În anumite configuraţii ale sistemului de transport, frecvenţa proprie a acestuia se poate apropia de una din armonicile prezente în reţea.

Acest caz de rezonanţă poate conduce la perturbaţii grave, sub forma supratensiunilor de rezonanţă, periculoase pentru izolaţia reţelelor de înaltă şi foarte înaltă tensiune, deoarece ele au o acţiune de durată şi pot atinge valori destul de mari.

Studii efectuate în ţara noastră au pus în evidenţă posibilitatea unor configuraţii critice în cazul punerii la pămînt a unei faze în reţelele electrice cu neutrul izolat, explicînd fenomenul supratensiunii prelungite la schimbarea bruscă a frecvenţei proprii a reţelei, prin rezonanţă pe fundamentală sau pe o armonică [6].

Cunoscînd că în reţelele de 220 şi 400 kV nivelul relativ de izolaţie coboară pînă la valori între 2,1—3, supratensiunile de durată, care conduc la îmbătrînirea izolaţiei, devin mai periculoase decît la tensiunile inferioare, unde nivelele relative de izolaţie sînt mai ridicate, de ordinul 3—5.

Posibilitatea amplificării tensiunilor şi curenţilor armonici în regimul de rezonanţă este mai mare în reţelele de 220 şi 400 kV datorită creşterii capacităţii liniilor şi puterilor de scurtcircuit ale sistemului.

Aceşti factori determină frecvenţe proprii de oscilaţie mai scăzute în reţelele de 220 şi 400 kV decît în cele de tensiune mai mică, frecvenţe care intră în spectrul de armonici generate de sursele din sistem.

Aşa după cum rezultă din datele publicate în literatura tehnică de specialitate, frecvenţa proprie de oscilaţie a sistemelor are valori între 0,5 şi 3 kHz.

Spectrul de frecvenţe ale curenţilor armonici, măsurat în reţelele acestor sisteme, se întinde între 0,15 şi 1,25 kHz (armonica 3—25).

Această comparaţie argumentează faptul că în reţelele electrice de 220 şi 400 kV este posibilă apariţia fenomenului de rezonanţă.

Caracteristica de frecvenţă a impedanţei liniilor lungi din sistemul de transport de 220 şi 400 kV prezintă puncte de rezonanţă-serie sau rezonanţă-paralel pentru unele din armonicile ce pot fi prezente în aceste reţele, datorate consumatorilor deformanţi alimentaţi (surse de armonici).

În punctele de impedanţă nulă sau de impedanţă infinită pentru o anume armonică au loc fenomene de amplificare periculoasă a tensiunii armonice respective din reţea.

În lucrarea de faţă se fac cîteva consideraţii în legătură cu transmiterea armonicilor în reţelele de 220 şi 400 kV, în scopul stabilirii domeniilor în care este posibilă producerea fenomenului de rezonanţă, determinîndu-se astfel configuraţiile periculoase.

Sînt luate în consideraţie amplificările, şi, respectiv, atenuările ce se produc la propagarea oscilaţiilor armonice în linii lungi şi valorile maxime ce le pot atinge tensiunile la rezonanţă.

Problema cea mai dificilă legată de tema acestei lucrări este determinarea frecvenţei proprii a reţelelor de 220 şi 400 kV prin măsurare directă în reţea.

Chiar şi acele metode de măsurare care nu necesită întreruperea funcţionării comportă suficiente pericole, precum şi perturbarea exploatării normale a reţelei.

Din această cauză, această valoare se determină fie pe modele de reţea pentru reprezentarea regimurilor tranzitorii, fie, în lipsa acestora, prin calcul analitic.

*) Romulus Sfichi este inginer la IRE Suceava.

2. Comportarea liniilor de foarte înaltă tensiune în gol și în scurtcircuit, la frecvențe armonice superioare

Cu o bună aproximație în sensul subiectului acestei lucrări, liniile electrice de foarte înaltă tensiune se pot considera ca linii lungi, omogene și fără pierderi.

Studii teoretice și practice realizate la noi în țară [3], [4], [5] dovedesc că o linie de foarte înaltă tensiune, în gol, pentru o frecvență armonică superioară $f_n = nf_{50}$, prezintă fenomenul de rezonanță armonică.

Acest caz se studiază cu ajutorul analogiei între linia în gol și un circuit-serie clasic deoarece, într-o zonă restrînsă de frecvențe vecine frecvenței de rezonanță, linia în gol se comportă cu aproximație ca un circuit-serie.

Considerînd că se aplică la intrare într-o linie lungă în gol o sursă de tensiune armonică U_{1n}, în anumite condiții linia constituie un amplificator al acestei tensiuni.

La ieșire se va găsi tensiunea U_{1n} amplificată cu un coeficient α_u:

$$U_{2n} = \alpha_u U_{1n} \tag{1}$$

Din ecuațiile liniei lungi fără pierderi, în gol, rezultă:

$$\alpha_u = \left|\frac{U_{2n}}{U_{1n}}\right|_{gol} = \frac{1}{\cos n\beta l}, \tag{2}$$

în care

n este ordinul armonicii;

β — constanta de fază a undelor de tensiune și curent;

l — lungimea liniei.

Tensiunea U_{2n} poate lua valori foarte mari pentru armonicile care fac ca unghiul de defazaj al liniei, $n\beta l$, să ia valori apropiate de $(2k+1)\frac{2}{\pi}$, iar la valorile $n\beta l = (2k+1)\frac{\pi}{2}$ tensiunea armonică la ieșire (U_{2n}) ar fi infinită dacă nu ar acționa factorii de amortizare ai liniei.

Pentru a determina α_u în cazul în care $\cos n\beta l = 0$, se ține seama și de constanta de atenuare dată de pierderile în linie.

În acest caz, avem:

$$\alpha_u = \frac{1}{\operatorname{ch}\gamma l}, \tag{3}$$

în care $\gamma = \alpha + j\beta$ este constanta de propagare complexă a liniei considerate cu pierderi.

Deci:

$$\alpha_u = \frac{1}{\operatorname{ch}(\alpha + j\beta)l}, \tag{4}$$

care are valoarea maximă la unghiuri $n\beta l = (2k+1)\frac{2}{\pi}$:

$$|\alpha_{umax}| = \frac{1}{\operatorname{sh}\alpha l} \tag{5}$$

Măsurători făcute pe linii de 220 kV în țara noastră au condus la valori pentru factorul de atenuare $\alpha l = 0{,}012$ rad, iar coeficientul de amplificare a tensiunii de armonică 7, pentru care linia în gol este aproape de sfert de undă ($n\beta l \simeq \pi/2$), $\alpha_u = 83$.

Este de observat că în situația de funcționare a liniei în gol, în regim staționar, tensiunea de armonică n la intrare are o valoare foarte mică, deoarece impedanța de intrare a acestei linii este foarte aproape de zero.

Linia în gol reprezintă un filtru trece-bandă pentru armonica

$$n = \frac{(2k+1)\pi}{2\beta l}, \tag{6}$$

făcînd ca tensiunea armonică respectivă să scadă foarte mult. Deci coeficientul de amplificare α_u se aplică la o valoare de intrare foarte mică a tensiunii, care poate să nu fie încă periculoasă.

În cazul în care se fac comutații în sistem, poate să apară o tensiune armonică n, impusă, de valoare mai importantă, care, fiind amplificată de linia în gol, poate atinge valori periculoase pentru izolație.

O linie de foarte înaltă tensiune, care funcționează în scurtcircuit pentru o frecvență armonică superioară $f_n = nf_{50}$, prezintă de asemenea fenomenul de rezonanță armonică.

Rezonanța armonică a liniei sfert de undă în scurtcircuit se poate studia cu ajutorul analogiei între această linie și un circuit oscilant paralel clasic, deoarece, într-o zonă restrînsă de frecvențe vecine frecvenței de rezonanță, caracteristica de frecvență în cele două cazuri este foarte apropiată.

Dacă la intrarea într-o linie lungă în scurtcircuit se aplică o sursă de curent armonic I_{1n}, în anumite condiții linia amplifică acest curent, iar la ieșire se va găsi o valoare $I_{2n} = \alpha_i I_{1n}$, în care:

$$\alpha_i = \left|\frac{I_{2n}}{I_{1n}}\right|_{scc} = \frac{1}{\sin n\beta l} \tag{7}$$

Curentul armonic I_{2n} poate lua valori foarte mari pentru armonicile care fac ca unghiul de defazaj al liniei, $n\beta l$, să ia valori apropiate de $k\pi$.

Ținînd seama de constanta de atenuare a liniei, avem:

$$\alpha_i = \frac{1}{\operatorname{sh}\gamma l} \tag{8}$$

În cazul în care $n\beta l = k\pi \Rightarrow \sin n\beta l = 0$, coeficientul de amplificare al liniei în scurtcircuit este:

$$|\alpha_{i\,max}| = \frac{1}{\operatorname{sh} \alpha l} \qquad (9)$$

Pentru aceeaşi linie de 220 kV despre care s-a vorbit şi la funcţionarea în gol, amplificarea curenţilor armonici la scurtcircuit poate fi de $\alpha_{i\,max} = 83$.

Pentru acest exemplu şi pentru propagarea armonicii 7, care dă $\alpha_{imax} = 83$, în cazul liniei în scurtcircuit, impedanţa de intrare a liniei tinde către infinit.

Deci, practic, curentul de armonică 7, care va intra în linia în scurtcircuit, va fi foarte mic şi, deşi se amplifică cu $\alpha_{i\,max} = 83$, încă nu are o valoare periculoasă.

Dar acest curent, care circulă pintr-o impedanţă foarte mare, provoacă o cădere de tensiune însemnată ($U_7 = I_7 Z_i$), care poate determina la intrarea liniei o creştere substanţială a tensiunii de armonică 7.

Ca efect, se poate presupune că, în cazul unui scurtcircuit la care se produc creşteri ale tensiunilor armonice aşa cum s-a arătat, se pot produce conturnări de izolaţie (deci defecte succesive) în alte puncte ale sistemului.

3. Comportarea liniilor de foarte înaltă tensiune în sarcină la frecvenţe armonice superioare

Studiul comportării liniilor de foarte înaltă tensiune ce alimentează sarcini complexe ($Z_2 = R_2 + jX_2$), la frecvenţe armonice superioare, se face de obicei determinînd impedanţa de intrare a liniei atunci cînd $X_2 = 0$ (linia cu sarcină activă) şi atunci cînd $R_2 = 0$ (linia cu sarcină reactivă).

Din punct de vedere teoretic, astfel de studii s-au făcut atît în ţara noastră [5] cît şi peste hotare, astfel încît ceea ce considerăm că este necesar încă de investigat este mărimea coeficientului de amplificare a liniilor de sarcină prin măsurători practice în sistem.

Aplicînd la intrarea într-o linie de foarte înaltă tensiune o sursă de tensiune armonică I_{1n}, rezultă coeficienţii de amplificare:

$$\alpha_u = \frac{U_{2n}}{U_{1n}} \text{ şi } \alpha_i = \frac{I_{2n}}{I_{1n}}$$

Dacă impedanţa sarcinii Z_2 la ieşire se consideră reactivă şi se determină ca reactanţa de scurtcircuit a sistemului energetic redusă la punctul de capăt (ieşire) al liniei, se obţine coeficientul de amplificare a tensiunii armonice n:

$$\alpha_u = \frac{U_{2n}}{U_{1n}} = \frac{\sin A}{\sin(n\beta l + A)},\quad A = \operatorname{arc\,tg}\, nX_2^* \qquad (10)$$

şi coeficientul de amplificare a curentului:

$$\alpha_i = \frac{I_{2n}}{I_{1n}} = \frac{\cos A}{\cos(n\beta l + A)} \qquad (11)$$

Pentru exemplificare, în cazul aceleiaşi linii de 220 kV considerate, reactanţa de scurtcircuit la barele de 220 kV plecare este $X_2 = 20\Omega \Rightarrow X_2^* = 0{,}0645$.

Coeficientul de amplificare de armonică 5, neglijînd factorii de atenuare din linie, rezultă:

$$\alpha_i = \frac{\cos 18°}{\cos 90°} = \infty \text{ şi } \alpha_u = \frac{\sin 18°}{\sin 90°} = 0{,}309$$

În situaţia în care calculul nu ia în considerare factorii de atenuare din sistem şi din linie (efect corona, saturaţia magnetică, efectul pelicular), curentul armonic amplificat în linie rezultă teoretic infinit.

Măsurătorile făcute în sistem, în condiţii reale, au dovedit însă că componenta activă a sarcinii, precum şi factorii de atenuare au efectul de a reduce considerabil amplificarea calculată.

Utilitatea consideraţiilor prezentate constă în cunoaşterea domeniilor de apariţie a fenomenelor de rezonanţă armonică pentru determinarea configuraţiilor critice în care sînt de aşteptat supratensiuni periculoase.

Bibliografie

[1] Rosman, H. şi Savin, Gh. *Circuite electrice liniare*, partea I, vol. II. Institutul politehnic Iaşi, 1974.

[2] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii*, vol. II. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1974.

[3] Arie, A. şi Selischi, A. *Studiul transmiterii şi repartiţiei armonicilor superioare de curent într-un sistem electroenergetic staţionar şi liniar*. Institutul politehnic Bucureşti, 1967.

[4] Bensimon, A. *Analiza posibilităţilor de apariţie a supratensiunilor de rezonanţă armonică în reţelele de foarte înaltă tensiune*. În: Energetica nr. 6, 1969.

[5] Cristovici, A. *Contribuţii la analiza supratensiunilor regimurilor staţionare simetrice din reţelele de foarte înaltă tensiune provocate de fenomenul de ferorezonanţă pe armonicile superioare impare*. În: Energetica nr. 8, 1966.

[6] Dimo, P., Arie, E., Manea, Fl., Ionescu, S. şi Nicolae, P. *Tratarea neutrului reţelelor de înaltă tensiune pentru evitarea supratensiunilor prelungite*. Editura Academiei R.S. România, Bucureşti, 1960.

[7] Sfichi, R. şi Prelipcean, I. *Efectele armonicilor superioare de tensiune şi curent propagate în liniile de transport şi distribuţie a energiei electrice la funcţionarea accidentală a acestora*. A III-a Sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice, IRE Suceava, 1978.

Cuprinsul revistei „Energetica" în anul 1978

I. Articole de fond şi editoriale

1. Cocârlă, Tr.: *Revista „Energetica" la un sfert de veac*, nr. 1, p. 1—2.

II. Energetică generală

1. Morţun, C.: *Din trecutul electrificării României*, nr. 1, p. 36—39; nr. 2, p. 82—85; nr. 4, p. 177—179; nr. 7—8, p. 274—277; nr. 10, p. 357—360.
2. Ursu, I.: *Energetica şi progresul tehnico-ştiinţific în următoarele trei decenii*, nr. 5—6, p. 189—195.
3. Cocârlă, Tr.: *Consumul de energie şi economia de energie*, nr. 5—6, p. 196—199.
4. Armencoiu, N., Renţea, D. şi Ghioca, L.: *Unele soluţii privind valorificarea resurselor energetice secundare din România*, nr. 11—12, p. 386—390.

III. Termoenergetică

1. Cazacu, C., Bicleşeanu, D. ş.a.: *Complexul de cercetări pentru realizarea cazanului de abur de 520 tf/h pentru şisturi bituminoase*, nr. 1, p. 3—6.
2. Vasilescu, N.: *Conducţia căldurii printr-un perete poros, străbătut de un curent de aer*, nr. 2, p. 45—52.
3. Staicu, C. I.: *Pierderea de presiune liniară la curgerea laminară*, nr. 2, p. 52—54.
4. Neaga, C.: *Repartizarea economică a sarcinii între cazane funcţionînd în paralel*, nr. 2, p. 55—56.
5. Szabolcs, O.: *Repartizarea optimă a debitelor de abur pe sursele Centralei electrice de termoficare Oradea*, n. 2, p. 57—61.
6. Bolma, I., Chercea, G., Frăsineanu, G. şi Schuman, C.: *Polinoame pentru calculul unor proprietăţi hidrodinamice şi termodinamice ale aerului şi gazelor de ardere*, nr. 3, p. 99—100.
7. Pop, M.G.M., Ursu, Ec. şi Manea, D.: *Evaluarea probabilistică a efectului pulsaţiilor de temperatură cu amplitudini mici şi frecvenţă mare asupra duratei de viaţă a colectoarelor cazanelor de abur*, nr. 3, p. 101—104.
8. Mihăescu, L.: *Arzătoare turbionare de praf de cărbune; influenţa parametrilor constructivi şi funcţionali asupra posibilităţilor de echipare a focarelor de dimensiuni reduse*, nr. 3, p. 105—111.
9. Turcu, L.: *Siguranţa în funcţionare a metalului conductelor de abur după expirarea duratei teoretice de utilizare*, nr. 3, p. 111—116.
10. Pănoiu, N., Carabogdan, I., Cazacu, C. şi Bicleşeanu, D.: *Tendinţe în dezvoltarea construcţiei de cazane în R.S.R. privite sub aspectul structurii şi rezervelor de combustibil şi al utilizării lor eficiente*, nr. 4, p. 139—145.
11. Istrate, I.: *Posibilităţi de apreciere a solicitărilor dinamice la paletele de turbină care funcţionează în apropierea rezonanţei*, nr. 4, p. 145—151.
12. Chirica, E. şi Chirica, M.: *Îndepărtarea impurităţilor feromagnetice din circuitul apă-abur al centralelor termoelectrice, prin filtrare electromagnetică*, nr. 4, p. 151—156.
13. Cârdu, M.: *Cu privire la programarea calculului termic al turbinelor cu abur*, nr. 5—6, p. 200—204.
14. Comşa, D., Maier, V. şi Chindriş, M.: *Algoritmi pentru calculul termic al echipamentelor termoenergetice*, nr. 5—6, p. 204—208.
15. Armencoiu, N.: *Soluţii adoptate în proiectarea centralelor electrice în scopul reducerii consumurilor specifice de combustibil pentru energia electrică emisă*, nr. 7—8, p. 229—238.
16. Stanisavlievici, L.: *Regimurile chimice ale apei pentru cazane*, nr. 9, p. 282—286.
17. Dumitru, C. şi Treanţă-Ghiţescu, P.: *Reducerea consumului specific de combustibil la turbinele cu abur cu condensaţie folosind o metodă de control permanent al infiltraţiilor aerului în condensator*, nr. 9, p. 286—290.
18. Ardeleanu, Fl.: *Optimizarea funcţionării circuitelor de răcire ale centralelor termoelectrice*, nr. 10, p. 329—334.
19. Ciselski, Th. şi Urcan, E.: *Schemă modernă de reglare a apei de alimentare la blocurile funcţionînd pe combustibil inferior*, nr. 11—12, p. 473—475.
20. Ceangă, E., Bivol, L., Duduica, R. şi Tutunaru, C.: *Modelarea optimă a cazanelor din centralele termoelectrice pe şisturi bituminoase, utilizînd criteriile de peformanţă tehnico-economică*, nr. 11—12, p. 481—485.

IV. Electroenergetică

1. Predan, Fl. şi Caraivan, D.: *Evaluarea consumurilor proprii tehnologice din conductoarele de protecţie ale liniilor electrice aeriene*, nr. 1, p. 12—18.
2. Cîrţină, Gh. şi Alexandrescu, V.: *Asupra funcţionării surselor de putere reactivă statice şi reglabile cu tiristoare*, nr. 1, p. 19—23.
3. Dinculescu, P. şi Popescu, M.: *Tendinţe actuale în evoluţia surselor de lumină în contextul politicii de economisire a energiei electrice*, nr. 1, p. 23—29.
4. Daniliuc, M. şi Mititiuc, V.: *Studiul componentelor continue şi alternative ale tensiunilor şi curentului redresat la funcţionarea în tampon a unui redresor cu o baterie de acumulatoare*, nr. 2, p. 61—69.
5. Hajos, L.: *Aspecte ale insularizării platformelor industriale*, nr. 3, p. 116—123.
6. Goia, L. M.: *Consideraţii privind deschiciurarea liniilor electrice aeriene*, nr. 3, p. 123—129.
7. Dianu, M.: *Posibilitatea utilizării traductoarelor de variaţie de temperatură la protecţia de incendiu a preîncălzitoarelor rotative de aer*, nr. 3, p. 130—131.
8. Gheorghiu, I.: *Contribuţii privind dinamica mişcării conductoarelor LEA cauzată de vînt, cu direcţie predominantă în lungul liniilor*, nr. 4, p. 162—166.
9. Stavrescu, .O şi Dinulescu, C.: *Economia de energie prin repartiţia judicioasă a fluxului luminos*, nr. 4, p. 167—172.
10. Potolea, E.: *Modelele şi parametrii maşinii sincrone. Partea I — Modele pentru identificarea parametrilor*, nr. 5—6, p. 209—218.
11. Ionescu, D. C., Bălan, Gh. şi Goia, L. M.: *Măsurarea rezistivităţii termice a solului*, nr. 5—6, p. 218—224.
12. Darie, S. şi Nagy Baka, Gh.: *Analiza vulnerabilităţii sistemelor electroenergetice utilizînd un concept de sinteză topologică*, nr. 7—8, p. 247—250.
13. Potolea, E.: *Modelele şi parametrii maşinii sincrone. Partea II — Modele pentru calculul regimurilor*, nr. 7—8, p. 250—257.
14. Selischi, Al. şi Guzun, B.: *Funcţionarea economică a autotransformatoarelor în schemele centralelor electrice*, nr. 7—8, p. 258—267.
15. Buhuş, P.: *Premise teoretice ale Instrucţiunii privind alegerea în proiectare şi înlocuirile ulterioare în exploatare ale transformatoarelor din posturi*, nr. 7—8, p. 267—274.
16. Bednar, H., Sabău, I. şi Silberg, I.: *Puritatea uleiurilor electroizolante*, nr. 9, p. 291—293.
17. Predan, Fl.: *Determinarea nivelurilor de tensiune optime dintr-o reţea electrică, corespunzătoare consumurilor proprii tehnologice minime*, nr. 9, p. 294—299.
18. Popescu, A., Cristovici, A., Necşulescu, D. S. şi Vatră, F.: *Consideraţii privind implicaţiile utilizării liniilor electrice aeriene multiplu circuit*, nr. 9, p. 300—311.
19. Stein, M. şi Popescu, G.: *Puncte de vedere privind insularizarea unor centrale electrice de termoficare pe un consum local*, nr. 9, p. 311—315.
20. Cristovici, A., Marinescu, D. şi Manea, Gh.: *Efectele economice ale compensării puterii reactive. Determinarea amplasamentului şi puterii optime a bateriilor de condensatoare în reţelele IRE, corelat cu compensarea la consumatori*, nr. 10, p. 335—338.
21. Hajos, L.: *Unele consideraţii asupra protecţiei prin relee a staţiilor cu scheme poligonale*, nr. 10, p. 338—341.
22. Covar, E.: *Protecţie comparativă rapidă împotriva scurtcircuitelor din reţelele electrice*, nr. 10, p. 342—348.

23. Gavrilă, M.: *Scheme simplificate de AAR în stațiile de transformare de 110 kV/MT*, nr. 10, p. 348—350.
24. Stănculescu, A.: *Metodă operațională pentru determinarea traseelor optime în rețelele electrice urbane*, nr. 10, p. 351—357.
25. Nitu, V. I., Stein, M., Diaconu, St. și Popescu, G.: *Influența criteriilor de siguranță în alegerea schemelor de insularizare a centralelor electrice de termoficare pe un consum industrial*, nr. 11—12, p. 408—415.

V. Hidroenergetică

1. Dimitriu, R.: *Metodă statistico-grafică pentru determinarea rapidității specifice și a turației sincrone la hidroagregatele echipate cu turbine elicoidale, semi-Kaplan, Kaplan, bulb și bulb-reversibil*, nr. 1, p. 9—12.

VI. Energetică nucleară

1. Pop, M. G. M., Manea, D. și Ursu, Ec.: *Studiu comparativ al influenței regimurilor tranzitorii cvasistaționare și de șoc asupra duratei de viață a gneretoarelor de abur din CNE*, nr. 4, p, 157—162.
2. Alexe, Fl. și Donos, S.: *Asupra oportunității utilizării la CNE cu apă sau apă grea sub presiune, a generatoarelor de abur cu circulație forțată în zona de economizor*, nr. 7—8, p. 238—245.
3. Haiduc, C.: *Transferul de căldură în porțiunile drepte ale țevilor generatoarelor de abur pentru CNE cu reactoare PHWR*, nr. 7—8, p. 245—247.

VII. Energetică industrială

1. Stan, N., Mușatescu, V. și Stan, M.: *Dimensionarea optimă a lanțurilor de schimbătoare de căldură din industrie*, nr. 1, p. 6—9.
2. Nitu, V.I.: *Creșterea randamentelor energetice ale proceselor industriale* (Raport general, Secția 1 — A IX-a Conferință Internațională de Energetică Industrială), nr. 11—12, p. 380—385.
3. Fercală, E.: *Căi de reducere și raționalizare a consumurilor de energie și combustibil în industria chimică*, nr. 11—12, p. 391—396.
4. Florescu, Al., Burchiu, N., Dragomir, T. și Ghițulescu, M.: *Efecte energetice realizabile prin utilizarea pompei de căldură de 0,7 Gcal/h în schemele de recuperare a resurselor energetice secundare*, nr. 11—12, p. 397—401.
5. Berinde, T., Lazăr, I. și Resiga, R.: *Economia de combustibil în tehnica pompelor de căldură*, nr. 11—12, p.401—404.
6. Dănilă, N.: *Utilizarea combinată și integrată a resurselor energetice primare și secundare* (Raport general, Secția 2 — A IX-a Conferință Internațională de Energetică Industrială), nr. 11—12, p. 405—407.
7. Dănilă, N. și Mușatescu, V.: *Determinarea consumurilor specifice cumulate de energie și optimizarea producției complexe ținînd seamă de energia înglobată*, nr. 11—12, p. 415—418.
8. Enăchescu, P.: *Aspecte energotehnologice la instalațiile de piroliză*, nr. 11—12, p. 418—420.
9. Mihăileanu, C.: *Creșterea influenței energeticii în energetica industrială* (Raport general, Secția 3 — A IX-a Conferință Internațională de Energetică Industrială), nr. 11—12, p. 421—425.
10. Burbea, R., Răducanu, V., Miroiu, R. și Nertea, G.: *Consumurile de fază și cumulate de resurse energetice pentru unele produse industriale*, nr. 11—12, p. 426—430.
11. Panțuru, V.: *Organizarea fluxului tehnologic în scopul reducerii consumului de energie electrică în industria zahărului*, nr. 11—12, p. 430—434.
12. McCarl, H. N., Puiu, A. ș.a.: *Funcția consum specific de energie în cazul proceselor (instalațiilor) de consum final*, nr. 11—12, p. 434—439.
13. Mihăileanu, C., Stoica, A. și Perea, A.: *Corelarea nivelului de siguranță în alimentarea cu energie electrică sau termică cu consumul propriu tehnologic, la consumatorii industriali*, nr. 11—12, p. 439—444.
14. Bălan, Gh., Rugină, V. și Potlog, D. M.: *Influența tensiunii de alimentare asupra indicatorilor energetici ai unui cuptor cu arc*, nr. 11—12, p. 444—447.
15. Marcu, B.: *Perfecționarea conducerii sistemelor energetice industriale* (Raport general, Secția 4 — A IX-a Conferință Internațională de Energetică Industrială), nr. 11—12, p. 448—451.
16. Marcu, B., Costin, Em. și Herșcovici, S.: *Criterii economice pentru reglarea curbelor de sarcină prin consumatori reglabili*, nr. 11—12, p. 452—455.
17. Crișciu, H., Pană, A., Bilegan, L. și Lazăr, S.: *Metode de optimizare a soluțiilor de alimentare cu energie electrică a consumatorilor industriali*, nr. 11—12, p. 456—459.
18. Țuțuianu, O.: *Fundamentări ale problemelor decizionale în organizarea și conducerea sistemelor energotehnologice*, nr. 11—12, p. 459—461.
19. Bălan, Gh.: *Perfecționarea sistemelor energetice industriale și a automatizării acestora. Efecte energetice și economice* (Raport general, Secția 5 — A IX-a Conferință Internațională de Energetică Industrială), nr. 11—12, p. 466—472.
20. Albert, H. și Mihăilescu, A.: *Parametrii nodali de siguranță caracterizînd alimentarea din sistem a consumatorilor industriali*, nr. 11—12, p. 476—481.
21. Bărbulescu, Gh: *Unele aspecte ale creșterii eficienței și siguranței funcționării motoarelor sincrone în siderurgie*, nr. 11—12, p. 486—490.

VIII. Din exploatare

1. Szabolcs, O.: *Repartizarea optimă a debitelor de abur pe sursele Centralei electrice de termoficare Oradea*, nr. 2, p. 57—61.
2. Istrate, I.: *Posibilități de apreciere a solicitărilor dinamice la paletele de turbină care funcționează în apropierea rezonanței*, nr. 4, p. 145—151.
3. Gheorghiu, I.: *Contribuții privind dinamica mișcării conductoarelor LEA cauzată de vînt cu direcție predominantă în lungul liniilor*, nr. 4, p. 162—166.
4. Gavrilă, M.: *Scheme simplificate de AAR în stațiile de transformare de 110 kV/MT*, nr. 10, p. 348—350.

IX. Construcții-montaj

1. Măcriș, A. și Tănase, H. M.: *Influența preasamblării furniturii termomecanice asupra eficienței lucrărilor de montaj*, nr. 1, p. 29—36.
2. Gârbacea, A.: *Mecanizarea lucrărilor de construcții de linii electrice aeriene cu ajutorul elicopterului*, nr. 2, p. 69—80.
3. Gavrilă, D.: *Încercarea manșoanelor și a cutiilor terminale ale cablurilor electrice de forță cu ajutorul radiațiilor Roentgen*, nr. 2, p. 81.
4. Măcriș, A. și Filitti, D.: *Aspecte privind utilizarea rațională a resurselor energetice la șantierele de montaj al centralelor electrice*, nr. 11—12, p. 461—465.

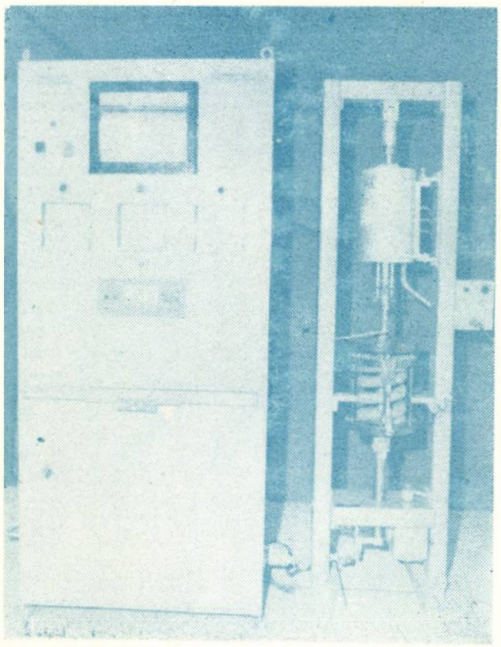
X. Articole economice și tehnico-organizatorice

1. Alexe, Fl. și Harth, V.: *Studiu asupra corelației dintre creșterea industrială și consumul de energie în industrie*, nr. 4, p. 173—176.

XI. Cronică

1. Armencoiu, N.: *A -Xa Sesiune a Conferinței Mondiale a Energiei*, nr. 2, p. 85—94.
2. Pop, M.G.M., Ursu, Ec. și Manea, D.: *Ședința de lucru a Colectivului de prognoză al Academiei R.S.R. cu tema „Energia în următoarele trei decenii"*, nr. 5—6, p. 186—188.
3. Sfichi, R.: *A III-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice organizată de IRE Suceava*, nr. 5—6, p. 225.
4. Văideanu, C.: *Stadiul protecției și valorificării creațiilor științifice și tehnice protejabile la Institutul de cercetări și modernizări energetice la finele anului 1977*, nr. 10, p. 315—324.
5. Dănilă, N. și Niculescu, N.: *A VI-a Consfătuire a termoenergeticienilor*, nr. 9, p. 325.
6. Nitu, V. I.: *A IX-a Conferință Internațională de Energetică Industrială*, nr. 10, p. 360—370.
7. * * * *De la Comitetul național român al Conferinței Mondiale a Energiei*, nr. 10, p. 371—373.

INSTALATIE PENTRU DETERMINAREA COMPORTARII LA FLUAJ A OTELURILOR



PERFORMANTE:

- Sarcină maximă de încercare: 5000 da N
- Temperatură maximă de încercare 1000°C
- Alimentare 380V/50Hz/2000VA
- Precizia de măsurare și reglare a temperaturii ±0,6%
- Componentele principale ale aparaturii de măsurare, reglare și control sînt fabricate în țară la F.E.A. și I.E.MI București
- Gabaritul instalației (cu tablou de comandă): 2000×1000×500 mm

Instalatia conține o serie de soluții originale, brevetate.

Prototipul instalației pentru determinarea comportării la fluaj a oțelurilor

CARACTERISTICI:

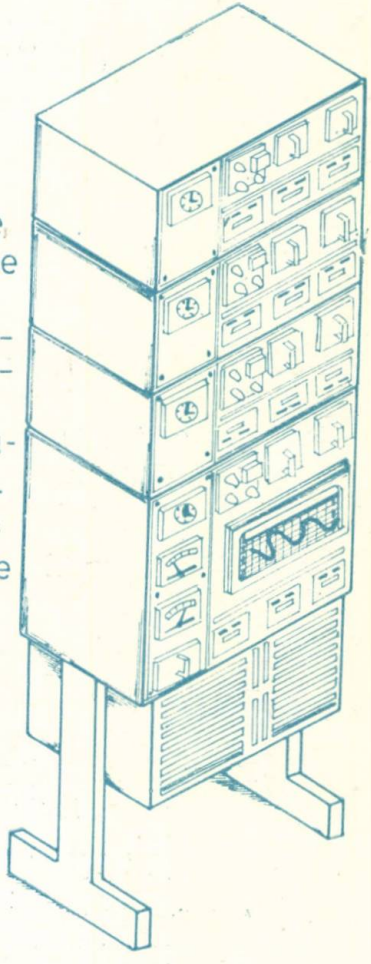
- Realizarea în sistem modular, cu posibilitatea încercărilor independente a unei epruvete sau două, pe fiecare post.
- Măsurarea și înregistrarea deformațiilor pentru fiecare post de încercare, cu urmărire și comandă centralizată pe patru posturi.
- Sistem de încărcare-descărcare cu funcționare incrementală în vederea menținerii forțelor și/sau deformațiilor constante pe tot timpul încercării.
- Sistem de încălzire a epruvetelor cu comandă integrală în buclă închisă, în trei zone ale cuptorului, cu funcționare în regim boot-strap; funcționează în două etape: preîncălzire, fără circuit de reglare și etapă de reglare în regim.

PROIECTANT:

- UNIVERSITATEA DIN BRASOV
  Catedra Mecanisme si organe de mașini
- ICEMENERG București

REALIZATOR SERIE:

IAUC București

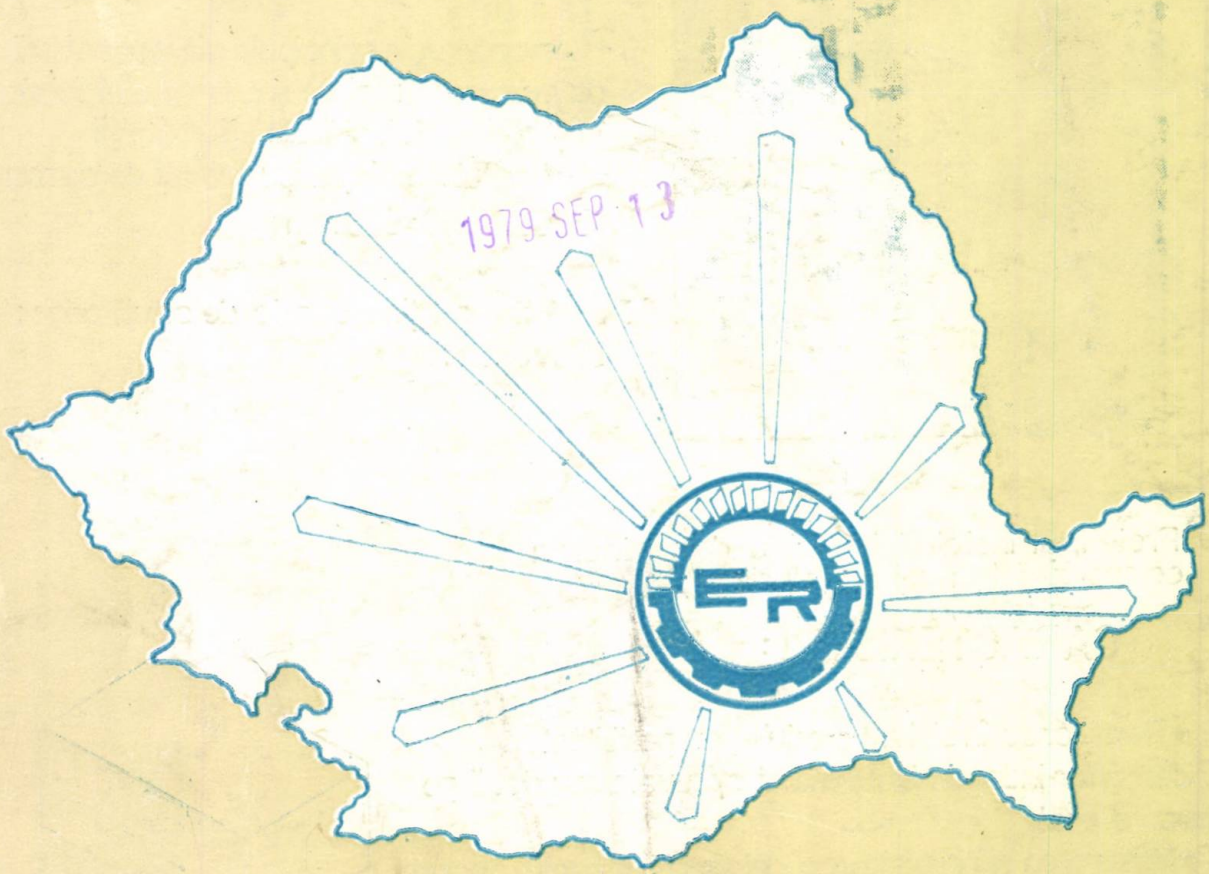


Pupitru de comandă pentru patru posturi de încercare

ENERGOREPARAŢII

Bucureşti, Bd. Mărăşeşti nr. 2, sector 5
Telefon : 23.26.40

1979 SEP 13



Execută pentru sectorul energetic :

Dispozitive, mecanisme, utilaje şi agregate, destinate mecanizării muncii din activitatea de construcţii-montaj de producere şi distribuţie a energiei electrice, de reparare a agregatelor energetice etc.

Utilaje, părţi de utilaje sau subansambluri necesare lucrărilor de investiţii din sectorul energetic (pompe de combustibil, pompe de injectat ciment, acţionări pneumatice cu ventile, batardouri, grătare pentru stavile etc.).

Reparaţii la : turbine cu abur, turbine hidraulice, generatoare electrice, compresoare, motoare electrice, motoare diesel stabile.

Piese de schimb pentru : turbine cu abur şi hidraulice, cazane de abur, instalaţii pentru pregătirea şi transportul combustibilului, motoare cu ardere internă şi compresoare, instalaţii şi utilaje auxiliare din centrale (pompe, ventilatoare, vane etc.).

Asistenţă tehnică în probleme de : vibraţii la agregate şi palete, echilibrări grupuri, analize defectoscopice, metalografice etc.

Recepţia la furnizori a echipamentelor energetice (turbine pentru centrale termo- şi hidroelectrice, generatoare, cazane, pompe etc.).

E 2059

MW

REFERÁLVA

3

VOLUMUL XXVII
BUCUREŞTI
MARTIE 1979

energetica

0 6 12 18 24

1979 JUL 4

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 3 martie

Cuprinsul

		Pag.
L. Oancea	**Sarcina termică a sistemelor de termoficare a serelor legumicole**	89–93
L. Mihăescu, I. Iordache şi M. Constantinescu	**Cercetări asupra cîmpului de viteze şi a debitului de gaze recirculate intern la un jet turbionat, cu aplicaţii la arzătoare de acest tip**	94–104
M.G.M. Pop, Ec. Ursu şi D. Manea	**Efectul regimurilor de suflare asupra duratei de viaţă a colectoarelor zonei de medie radiaţie de la cazanele P–55**	105–112
H. Cristea şi I. Fecioru	**Regimul deformant – efect secundar în regimurile de compensare a puterii reactive la un consumator industrial**	112–117
A. Cristovici şi H. Gritsch	**Protecţia instalaţiilor de condensatoare-derivaţie de medie tensiune**	117–120
B. Mathé şi Gh. Gavrilă	**Probleme legate de încercarea celulelor şi staţiilor capsulate în mediu de hexafluorură de sulf**	120–126
PUNCTE DE VEDERE		
Gh. Şchiopu	**Consideraţii tehnico-economice asupra branşamentului aerian la micii consumatori casnici din mediul rural şi urban**	126–131
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului ştiinţific al
Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 697.34 : 635.2(R)

Л. Оанчеа: **Тепловая нагрузка теплофикационных систем овощных теплиц**

Представляются результаты исследований, проведенных для непосредственного определения, на основе экспериментальных данных, значения и изменения тепловой нагрузки овощных теплиц в условиях СРР.

Energetica 27 (1979), № 3, стр. 89–93

ДК 683.87.001.5

Л. Михэеску, И. Йордаке и *М. Константинеску:* **Исследования относительно поля скорости и расхода газов, внутренней рециркуляции на завихренной струе, с применением на горелках того же типа**

Рассматривается распределение скорости и количество газов внутренней рециркуляции для случая свободного изотермического завихрения. Подробности развиваются исходя из той идеи, что в эту струю будет продуваться угольная пыль.

Energetica 27 (1979), № 3, стр. 94–104

ДК 621.181 : 621.181.022

М. Г. М. Поп, Екатерина Урсу и *Д. Манеа:* **Действие продувочного режима на долговечность коллекторов зон средней радиации на котлах П—55**

Описывается способ при котором продувка поверхностей нагрева в топке влияет на долговечность выходных коллекторов в зонах средней радиации котлов П-55. Представляется эффект замены продувки классическим способом постоянной продувки на долговечность установки.

Energetica 27 (1979), № 3, стр. 105–112

ДК 621.316.1 : 621.3.016.25

Х. Кристя и *И. Фечиору:* **Искажающий режим — вторичное явление в режимах выравнивания реактивной мощности на промышленного потребителя**

Рассматривается искажающий режим, появляющийся в электрических сетях в случае выравнивания реактивных мощностей с помощью батарей конденсаторов с применением у промышленного потребителя.

Energetica 27 (1979), № 3, стр. 112–117

ДК 621.175.004.5

А. Кристович и *Х. Грич:* **Защита установок конденсаторов разветвления тока**

Рассматривается оснащение средствами релейной защиты батарей конденсаторов для компенсации реактивной энергии.

Energetica 27 (1979), № 3, стр. 117–120

ДК 621.316.57 : 646.22'16

Б. Мате и *Г. Гаврилэ:* **Вопросы, связанные с испытанием ячеек и герметизированных комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией (ГКРУ) в среде гексафторида серы (SF_6)**

Представляются некоторые вопросы, связанные с испытанием оборудования высокого напряжения, капсулирование в SF_6, подверженные кассовому (или развития), типовому, контрольному и профилактическому испытанию после монтажа.

Energetica 27 (1979), № 2, стр. 120–126

ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

ДК 621.315.1

Г. Шкиопу: **Технико-экономические соображения относительно воздушного ответвления на небольшие бытовые потребители из сельскохозяйственной и городской среды**

Energetica 27 (1979), № 3, стр. 126–131

РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 697.34 : 635.2(R)

L. Oancea: **Die Wärmeladung der Fernheizsysteme für Gewächshäuser**

Es werden die Ergebnisse der Forschungen für die direkte Bestimmung anhand von Versuchsergebnissen, der Grösse und Schwankung der Wärmeladung für die Fernheizsysteme von Gewächshäusern vorgestellt.

Energetica 27 (1979), H. 3, S. 89–93

DK 683.87.001.5

L. Mihăescu, I. Iordache und *M. Constantinescu*: **Forschungen zur Bestimmung der Geschwindigkeitswerte und der inneren Gasrezirkulation für einen Wirbelstrahl und die Anwendung bei Brennern solcher Art**

Es werden die Geschwindigkeitsverteilung und die innere Gasrezirkulation für den Fall eines freien isothermen Wirbels analysiert, sowie das Einblasen von Kohlenstaub in diesem Wirbel.

Energetica 27 (1979), H. 3, S. 94–104

DK 621.181 : 621.181.022

M. G. M. Pop, Ec. Ursu und *D. Manea*: **Die Auswirkung der Blasregime auf die Lebensdauer der mittleren Strahlungskollektorenzonen bei P-55 Kesseln**

Es wird die Art und Weise, wie die Ausblasung der Wärmeoberflächen aus dem Brenner die Lebenszeitdauer der Austrittskollektoren der mittleren Strahlungszonen der P-55 Kessel beeinflussen analysiert. Es werden die Auswirkungen der Anwendung des kontinuierlichen Blasens anstatt des klassischen Blasens auf die Lebensdauer der Einrichtung beschrieben.

Energetica 27 (1979), H. 3, S. 105–112

DK 621.316.1 : 621.3.016.25

H. Cristea und *I. Fecioru*: **Das Verformungsregime — Nebenwirkung in den Blindenergieausgleichsregimes bei einem industriellen Verbraucher**

Es wird das Verformungsregime der elektrischen Netzen im Falle des Blindenergieausgleichs anhand Kondensatorbatterien und seine Anwendung bei einem industriellen Verbraucher untersucht.

Energetica 27 (1979), H. 3, S. 112–117

DK 621.175.004.5

A. Cristovici und *H. Gritsch*: **Schutz der Verdampferanlagen mit Mittelspannungsabzweigungen**

Es wird die Ausstattung der Verdampferanlagen mit Mittelspannungsabzweigungen mit Schutzrelais zur Ausgleichung der Blindenergie beschrieben.

Energetica 27 (1979), H. 3, S. 117–120

DK 621.316.57 : 546.22'16

B. Mathé und *Gh. Gavrilă*: **Fragen bei der Prüfung von in Schwefelhexafluorid (SF_6) gekapselten Zellen und Anlagen**

Es werden die bei der Prüfung von in SF_6 gekapselten Hochspannungsausrüstungen u.zw. bei Entwicklungsversuchen, Typenprüfungen, Kontrolle und Vorbeugungsprüfungen sowie Prüfungen nach dem Einbau aufgetauchte Fragen erörtert.

Energetica 27 (1979), H. 3, S. 120–126

GESICHTSPUNKTE

DK 621.315.1

Gh. Şchiopu: **Technisch-wirtschaftliche Betrachtungen über den Freiluftwohnungsanschluss kleiner Haushaltsverbraucher aus dem Dorf- und Stadtkreis**

Energetica 27 (1979), H. 3, S. 126–131

BUCHBESPRECHUNG

SOMMAIRE

CD 697.34 : 635.2(R)

L. Oancea : **Charge thermique des systèmes de chauffage pour les serres maraîchères**

On présente les conclusions des recherches dans le but d'établir directement à l'aide des données experimentales la grandeur et la variation de la charge thermique des serres maraîchères roumaines.

Energetica 27 (1979), no. 3, p. 89–93

CD 683.87.001.5

L. Mihăescu, I. Iordache et *M. Constantinescu* : **Recherches concernant le spectre de vitesse et les débits des gaz recyclés intérieurement à un jet tourbillonné et leurs applications aux brûleurs**

On analyse la distribution de vitesses et la qualité des gaz intérieurement recyclés dans le cas d'un tourbillon libre, isotherme, suposant que dans ce jet sera insufflée la poudre de houille.

Energetica 27 (1979), no. 3, p. 94–104

CD 621.181 : 621.181.022

M.G.M. Pop, Ec. Ursu et *D. Manea* : **Effet des régimes de soufflage sur la durée en service des collecteurs de la zone à moyenne radiation, aux chaudières de type P-55**

On présente les conditions dans lesquelles le soufflage des surfaces d'échauffement d'un foyer détermine la durée en service des collecteurs d'échappement des zones à moyenne radiation des chaudières de type P-55. On présente aussi l'effet du remplacement d'un soufflage classique par le soufflage continu sur la durée en service de l'installation.

Energetica 27 (1979), no. 3, p. 105–112

CD 621.316.1 : 621.3.016.25

H. Cristea et *I. Fecioru* : **Le régime déformant — effet secondaire dans les régimes de compensation de l'énergie réactive d'un consommateur industriel**

On examine le régime déformant qui se développe dans les réseaux électriques dans le cas d'une compensation de la puissance réactive à l'aide des batteries de condensateurs.

Energetica 27 (1979), no. 3, p. 112–117

CD 621.175.004.5

A. Cristovici et *H. Gritsch* : **Protection des batteries de condensateurs de dérivation à MT**

On présente les schémas de protection par relais des batteries de condensateurs pour la compensation d'énergie réactive.

Energetica 27 (1979), no. 3, p. 117–120

CD 621.316.57 : 546.22'16

B. Mathé et *Gh. Gavrilă* : **Aspects concernant les essais des cellules et des postes blindés en SF_6**

On présente quelques aspects concernant les essais de développement, de type, de contrôle et prophylactiques après le montage des équipements à haute tension blindés en SF_6.

Energetica 27 (1979), no. 3, p. 120–126

POINTS DE VUE

CD 621.315.1

Gh. Şchiopu : **Considérations techniques et économiques sur le branchement sur ligne aérienne aux petits consommateurs domestiques dans le milieu rural et urbain**

Energetica 27 (1979), no. 3, p. 126–131

COMPTE-RENDUS

CONTENTS

DC 697.34 :635.2(R)

L. Oancea : *Thermal duty of heating systems of vegetables greenhouses*

The results are shown of the research performed regarding direct estimation — on base of experimental data — of the extent and variation of thermal duty at vegetables' greenhouses in the Romania.

Energetica 27 (1979), nr.3, p. 89–93

DC 683.87.001.5

L. Mihăescu, I. Iordache and *M. Constantinescu* : **Research on speed range and flow of internally recirculated gases at a vortex jet, with applications to burners of this type**

The speed range distribution and load of internally recirculated gases are analysed for the case of an isothermal free vortex, the details illustrating the idea that it is coal dust which is to be injected into this jet.

Energetica 27 (1979), nr. 3, p. 94–104

DC 621.181 :621.181.022

M.G.M. Pop, Ec. Ursu and *D. Manea* : **The effect of blowing states on the operating life of medium radiation zone collectors of P-55 type boilers**

The way is described in which blowing on heating surfaces in the fireplace does influence the operating life of the outlet collectors of the medium radiation zone at P-55 type boilers. The effect is shown of the change of the standard blowing solution with the continuous blowing one on the operating life of the plant.

Energetica 27 (1979), nr.3, p. 105–112

DC 621.316.1 :621.3.016.25

H. Cristea and *I. Fecioru* : **The distorting regime — a secondary effect in the compensating regimes of reactive power at an industrial consumer**

The distorting regime is analysed which appears within the electric networks in case of reactive power compensation by means of condenser batteries, with application to an industrial consumer.

Energetica 27 (1979), nr. 3, p. 112–117

DC 621.175.004.5

A. Cristovici and *H. Gritsch* : **Protection of the condenser systems medium voltage branch**

There is presented the equipment with relay protection means of condenser batteries for compensation of reactive energy.

Energetica 27 (1979), nr. 3, p. 117–120

DC 621.316.57 :546.22'16

B. Mathé and *Gh. Gavrilă* : **Problems regarding testing of cells and sealed stations in a sulphur hexafluoride (SF_6) environment**

Some aspects are presented regarding testing of high voltage equipments sealed in SF_6, subjected to development, type, control and prophylaxis tests after assembling.

Energetica 27 (1979), nr. 3, p. 120–126

POINTS OF VIEW

DC 621.315.1

Gh. Şchiopu : **Technical and economic considerations on the overhead electric branches at the small domestic consumers in rural and urban areas**

Energetica 27 (1979), nr. 3, p. 126–131

REVIEWS

Sarcina termică a sistemelor de termoficare a serelor legumicole

Dr. ing. L. Oancea*)

Apărute relativ recent, dar cu perspective mari de dezvoltare, complexele de sere legumicole au devenit un nou și important consumator de căldură pentru CET.

În actualul cincinal construcția de sere cunoaște o amploare deosebită în R.S.R., ajungîndu-se ca în anul 1980 debitul termic maxim livrat din CET acestui consumator să reprezinte 70—75% din sarcina termică a tuturor sistemelor de termoficare urbană din țară, iar cantitatea anuală de căldură necesară serelor să fie de 75—80% din valoarea aferentă consumatorilor urbani.

Necesarul de căldură al serelor organizate în mari complexe legumicole ajunge la 600 MW pe un amplasament, constituind o componentă importantă a sarcinii termice a sistemelor de termoficare.

Mărimea și exigența consumului, ca și necesitatea raționalizării acestuia au impus studierea particularităților, a mărimii și variației sarcinii termice a serelor legumicole și, pe această bază, stabilirea unor măsuri de îmbunătățire a livrării, în vederea creșterii siguranței și realizării unor regimuri mai economice de funcționare.

Consumator sezonier de căldură pentru încălzire, serele legumicole prezintă unele condiții specifice în alimentare, generate de caracteristicile construcției propriu-zise și de caracterul tehnologic al consumului, care-i conferă un comportament diferit de alți consumatori.

Inerția termică extrem de redusă a construcției și raportul ridicat de vitrare fac ca necesarul de căldură al serei să fie influențat direct și esențial de evoluția factorilor de climă exteriori și să urmărească practic fidel, fără defazare și amortizare, variația acestora.

Pe de altă parte, serele legumicole reprezintă un consumator tehnologic pretențios, impunînd condiții exigente de continuitate și menținere la valori prescrise a temperaturii interioare, nerespectarea acestora avînd consecințe grave asupra producției.

Articolul de față își propune să prezinte rezultatele finale ale cercetării efectuate pentru determinarea directă, pe baza datelor experimentale, a mărimii și variației sarcinii termice a serelor legumicole în condițiile țării noastre.

Analiza a utilizat un vast material documentar, format din probe, măsurători și date statistice rezultate din exploatarea sistemelor de termoficare care alimentează cu căldură marile complexe de sere din țară. În acest scop s-a cercetat pe perioade mari de timp funcționarea centrelor de sere cele mai reprezentative, situate în diverse zone climatice și geografice.

*) Dr. ing. Laurențiu Oancea lucrează la Intreprinderea Electrocentrale Ploiești.

1. Mărimea sarcinii termice a serelor legumicole

Sarcina termică a serelor rezultă din însumarea necesarului de căldură sub formă de apă fierbinte pentru încălzirea aerului incintei, încălzirea solului și prepararea apei calde pentru stropire, la care se adaugă pierderile datorită transportului și distribuției.

Vara, între două cicluri de cultură și în unele cazuri pe perioade mai lungi, se solicită abur tehnologic de joasă presiune pentru dezinfecția termică a solului.

Din debitul total de căldură consumat iarna, marea majoritate — 92—95% — servește pentru încălzirea aerului, de regulă cu racordare directă la înaltă temperatură, și numai 3—4% pentru încălzirea solului, iar 2—4% pentru restul de utilizări.

Indiferent de modul de racordare a punctelor termice, gradul de eterogenitate al sarcinii termice a serelor este de 0,05—0,08, deci mai mic decît 0,1, aceasta putînd fi considerată omogenă, de încălzire [2].

Cercetarea mărimii sarcinii termice are la bază datele rezultate din funcționarea de lungă durată a principalelor complexe de sere din țară, cu care au fost întocmite curbele clasate anuale pentru un centru de sere și șase sezoane de încălzire, analizate comparativ cu încălzirea urbană [3], precum și curbele clasate medii pe trei ani pentru aceleași perioade de încălzire, dar pentru mai multe amplasamente diferite, prezentate în figura 1.

Analiza diagramelor a demonstrat că alura curbelor este asemănătoare atît pentru diverse perioade de încălzire, cît și pentru diverse amplasamente. În toate cazurile, serele au o durată de funcționare a încălzirii mai ridicată decît termoficarea urbană, iar pentru același debit nominal consumă o cantitate mai mare de căldură.

Întrucît structura relativă a curbelor clasate este similară, s-a determinat o diagramă anuală de durată a sarcinii termice pentru sere în unități relative, de forma:

$$\frac{q_i}{q_i^c} = f\left[\frac{\tau}{\tau_i}\right]$$

unde q_i și q_i^c reprezintă debitul termic corespunzător unei anumite durate de timp τ, respectiv debitul termic de calcul, iar τ_i durata totală a încălzirii. O astfel de prezentare este adecvată pentru calcule comparative în diverse condiții pentru localități diferite, adică la

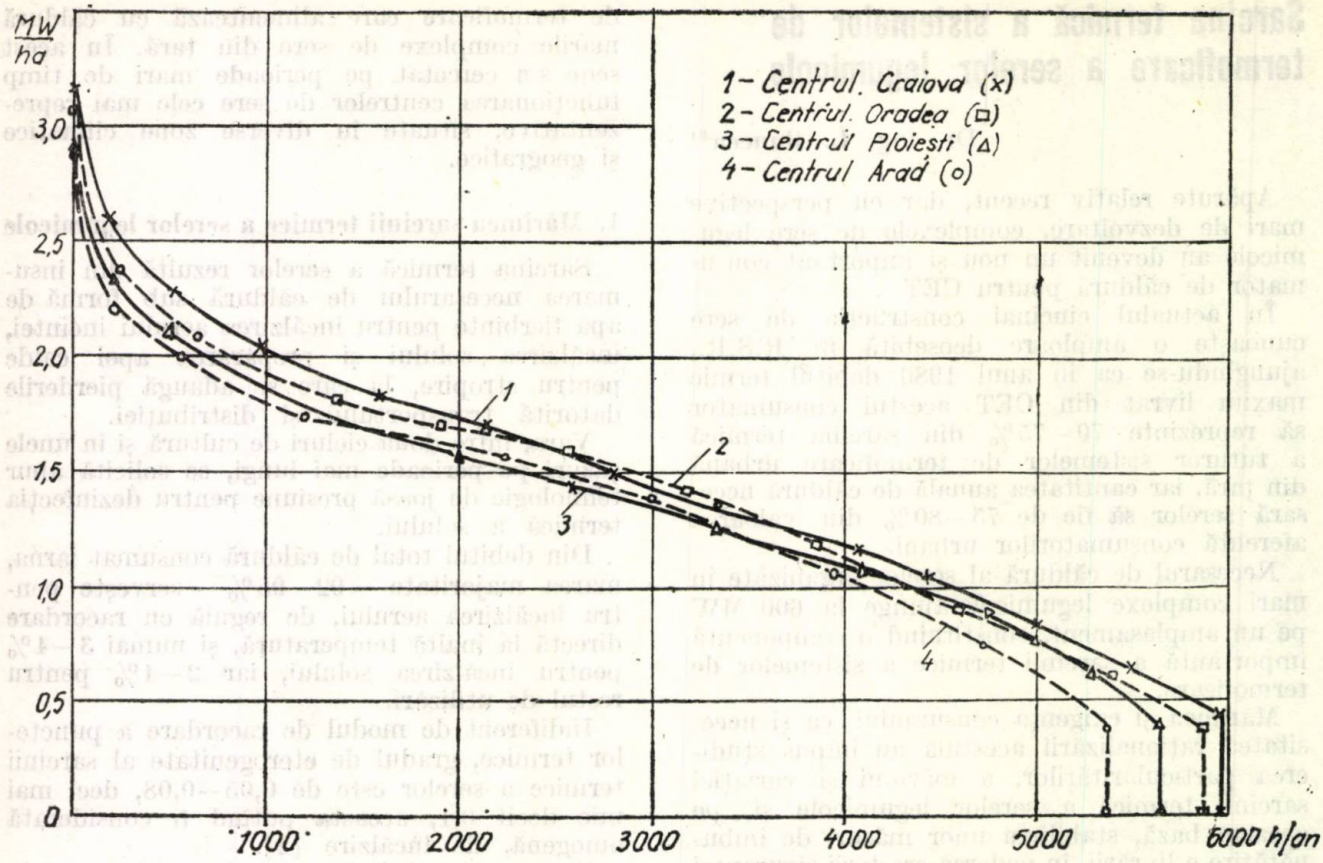


Fig. 1. Curbele clasate ale sarcinii termice a serelor legumicole.

alte valori ale temperaturii exterioare de calcul şi ale duratei de încălzire [1]. Diagrama anuală de durată în unităţi relative s-a obţinut ca diagramă medie din curbele clasate prezentate anterior.

Faţă de curba clasată medie obţinută, $\frac{q_i}{q_i^c} = f(\tau)$, s-au constatăt diferenţe relative în ordonată, în general sub 5%, comparativ cu valorile maxime sau minime ale sarcinii termice aferente diferitelor centre.

În final, prin redarea variaţiei q_i/q_i^c în funcţie de τ/τ_i, s-a obţinut diagrama anuală de durată a sarcinii termice a serelor legumicole în unităţi relative (fig. 2), de tipul general valabil, mult mai reprezentativă, care se poate utiliza cel mai avantajos în calcule comparative.

Pentru această diagramă medie în cazul serelor, valorile sînt următoarele :

τ/τ_i	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
q_i/q_i^c	1,0	0,67	0,60	0,55	0,50	0,46	0,41	0,35	0,29	0,22	0,13

Comparativ cu diagrama de durată a debitelor de căldură pentru încălzirea urbană, se constată :

— Valorile q_i/q_i^c la sere sînt mai mari decît la încălzirea urbană pentru raportul $\tau/\tau_i \leqslant 0{,}4$,

indicînd apariţia debitelor specifice comparativ mai ridicate pentru perioada de iarnă.

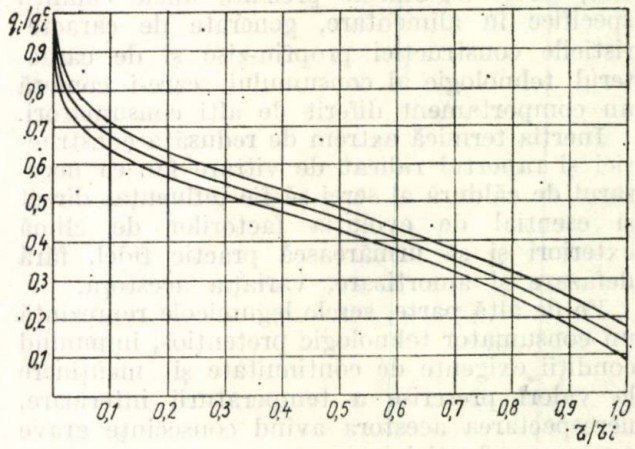


Fig. 2. Diagrama anuală de durată a sarcinii termice a serelor legumicole.

— Valorile q_i/q_i^c la sere sînt mai mici în zona $\tau/\tau_i > 0{,}4$, explicate prin caracterul particular, specific al consumatorului, durată de încălzire mărită cu debite relative mai mici.

Sarcina termică maximă

Spre deosebire de alți consumatori, la sere, datorită inerției termice reduse a construcției și caracterului tehnologic al consumului, sarcina termică maximă trebuie analizată nu numai ca medie zilnică, ci și pe intervale mai scurte, de 8—10 ore, timp în care condițiile climatice exterioare pot să modifice esențial microclimatul incintei.

Analiza efectuată a permis desprinderea următoarelor constatări :

— Pentru diferite centre din țară și condiții climatice, sarcina maximă a serelor are valori de 2,6—3,0 MW/ha ca valori medii zilnice, ajungînd la 2,8—3,2 MW/ha ca valori medii pe perioade de 8—10 ore.

— Deși perioadele analizate au avut caracter climatic diferit, sarcina termică maximă a variat cu 5—8% din valoarea medie a maximelor realizate. Acest fapt indică un grad ridicat de concentrare a consumului și o constanță mare în apariția maximului de consum.

— Sarcina termică maximă la sere se înregistrează atît la temperaturile exterioare cele mai coborîte, dar în special la valori mai moderate ale acesteia (în apropiere de 0°C), însă asociate cu alte fenomene meteorologice : precipitații solide și vînt. Din această cauză se recomandă ca în calculele de dimensionare a instalațiilor de alimentare cu căldură să se stabilească pentru amplasamentul concret asocierile de valori probabile ale temperaturii exterioare, vitezei vîntului și precipitațiilor la care sarcina termică este maximă.

— Deoarece, în cazul încălzirii urbane, vîrful maxim de consum apare la valorile cele mai coborîte ale temperaturii exterioare, iar inerția termică a construcțiilor este mai mare, este necesar ca în cazul sistemelor de termoficare complexe, care alimentează și sere, să se ia măsuri pentru realizarea unei bune colaborări în acoperirea sarcinilor termice maxime ale celor doi consumatori, ca și în situații de avarii.

— În cazul apariției precipitațiilor solide este necesar să se livreze o cantitate suplimentară de căldură de 10—30% necesară topirii zăpezii de pe acoperișul serei, pentru prevenirea deteriorării construcției metalice.

Pentru acoperirea unor supervîrfuri mai mari decît debitul de calcul, care ar putea să apară în condiții excepționale neavute în vedere la proiectare, s-a propus funcționarea cu supradebit de agent termic la temperatura nominală în conducta de ducere, utilizînd instalațiile de pompare din CET la maximum și cooperînd cu alți consumatori la care este posibilă limitarea temporară a livrării.

— Calendaristic, vîrful maxim se poate înregistra între sfîrșitul lunii decembrie și începutul lunii martie, fiind necesară luarea măsurilor în consecință pe toată această perioadă.

Cantitatea anuală de căldură și durata de utilizare a debitului maxim

Examinarea făcută a arătat că, deși consumul lunar și anual de căldură urmărește caracterul climatic al perioadei respective, sînt de remarcat reduceri în timp ale acestuia ca urmare a măsurilor de raționalizare luate.

Cantitatea anuală de căldură livrată serelor variază între 25 000—30 000 GJ/an.ha, fiind de așteptat o reducere a acesteia la 20 000—25 000 GJ/an.ha, în urma perfecționării livrării și a utilizării mai bune a efectelor radiației solare, eventual cu acumulare.

Debitul de căldură orar mediu anual are valori de 1,50—1,30 MW/ha, tinzînd spre 1,15—1,20 MW/ha.

Comparativ cu încălzirea urbană, se constată că, pentru o anumită valoare a sarcinii termice maxime, raportul între cantitățile anuale de căldură livrate serelor și încălzirii urbane are valori de 1,26—1,44, indicînd o mai bună utilizare a instalațiilor în cazul alimentării de sere.

Durata anuală de utilizare a debitului termic livrat are următoarele valori :

2620—2880 h/an pentru debitul maxim ca medie zilnică ;
2520—2660 h/an pentru debitul maxim ca medie pe 8—10 ore ;
2300—2650 h/an pentru debitul nominal.

Rezultă deci valori mai mari decît în cazul încălzirii urbane, dar mai mari și față de prevederile inițiale pentru acest cosumator.

Avînd în vedere cele arătate, se consideră îndreptățită alegerea pentru sere a unui coeficient de termoficare mai mare decît în cazul încălzirii urbane, valorile orare putînd să ajungă la 0,5—0,6.

Pentru sistemele de termoficare mixte, se consideră obligatorie determinarea la proiectare a coeficientului optim de termoficare, în urma calculelor tehnico-economice pentru situațiile concrete. De asemenea, este necesară stabilirea unor criterii directive de alegere a valorii coeficientului de termoficare pentru CET care alimentează în comun sere cu alți consumatori.

Limitele calendaristice ale perioadei de încălzire a serelor sînt date de zilele în care condițiile climatice exterioare conduc la realizarea unei temperaturi interioare mai mici decît valoarea necesară tehnologic, pentru mai mult de 6 ore.

Durata totală a perioadei de încălzire depășește durata încălzirii urbane, înregistrîndu-se valori de la 6000 h/an la 5200 h/an pentru diferite sezoane și amplasamente cu o medie globală de 5600 h/an.

Prin mai buna utilizare a efectelor favorabile ale condițiilor exterioare și prin perfecționarea livrării intermitente, durata totală a perioadei de încălzire a serelor se poate reduce pînă la circa 5000 h/an.

2. Variaţia sarcinii termice a serelor legumicole

S-a analizat variaţia sarcinii termice orare, medii zilnice, medii lunare şi pe perioade mai mari, avînd la bază materialul menţionat, rezultat direct din funcţionarea principalelor sisteme de termoficare a serelor.

Se vor prezenta succint concluziile rezultate, insistîndu-se asupra variaţiei orare a livrării, care la sere prezintă un interes deosebit.

a) Sarcina termică a serelor legumicole se află în dependenţă directă de elementele de climă exterioară, lipsa de inerţie a construcţiei conducînd la necesitatea unor regimuri termice diferite uneori chiar de la oră la oră.

b) Pentru evoluţia relativ normală a mediului climatic exterior, variaţia orară a sarcinii termice a serelor prezintă aspecte comune, aşa cum rezultă din figura 3, care redă curbele de variaţie diurnă medie, tipică pentru diverse perioade calendaristice şi situaţii climatice caracteristice.

Acestea au fost obţinute în urma studiului statistic al parametrilor de exploatare a serelor pe categorii de zile tipice, pentru un mare număr de cazuri (aferent a şase sezoane de încălzire) cu condiţii climatice asemănătoare, prin mediere a datelor de funcţionare de la aceleaşi ore.

Analiza efectuată a reliefat faptul că variaţia diurnă medie a sarcinii termice prezintă alură asemănătoare, putîndu-se stabili o serie de curbe tipice pentru diverse perioade calendaristice. Astfel :

— În lipsa precipitaţiilor solide, sarcina termică înregistrează o reducere în cursul zilei faţă de noaptea — „golul de zi" — mai mic în prezenţa vîntului şi precipitaţiilor lichide (10—30% — curba *3*), moderat în cazul nebulozităţii (15—60% — curba *2*) şi mare la apariţia radiaţiei solare (30—80% — curba *1*). Valorile mai mici se referă la lunile de iarnă şi cresc spre lunile de tranziţie pînă la oprirea totală a livrării.

— Durata golului maxim de sarcină are valori de la 4—5 ore iarna la 6—8 ore în perioada de tranziţie, ajungînd la 10—12 ore, uneori şi mai mult, în lunile mai-septembrie.

La începutul şi sfîrşitul perioadei de încălzire, consumul de căldură de la CET se întrerupe pentru un număr de ore ziua, livrarea efectuîndu-se în regim intermitent, numai în timpul nopţii.

— Sarcina termică maximă are loc în toate perioadele noaptea (exceptînd situaţia precipitaţiilor solide) cu un vîrf între orele 3—7, datorat temperaturii exterioare celei mai coborîte.

— Între perioadele de sarcină maximă, noaptea, şi sarcină redusă, ziua, variaţia este continuă, creştere seara şi descreştere dimineaţa, între limitele primelor două zone.

Momentul începerii perioadei de reducere a sarcinii termice depinde de luna considerată, variind între orele 5—6 pentru începutul şi sfîrşitul încălzirii, 6—7 în octombrie-aprilie, 7—8 în noiembrie-martie şi 8—10 pentru lunile de iarnă.

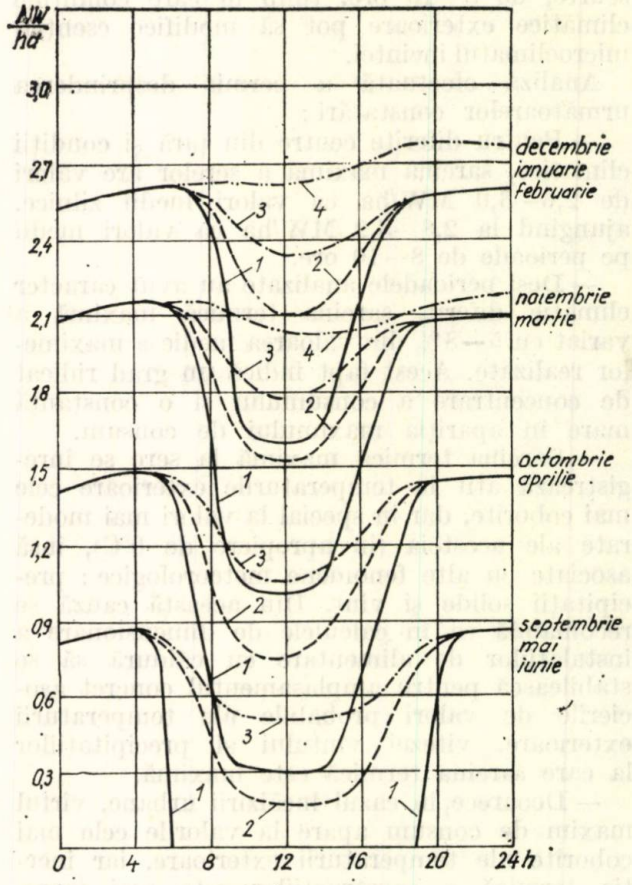


Fig. 3. Variaţia diurnă tipică medie a sarcinii termice a serelor legumicole pentru diverse perioade şi situaţii climatice :
1 — radiaţie solară; *2* — nebulozitate; *3* — vînt, precipitaţii lichide; *4* — precipitaţii solide.

Momentul revenirii la valoarea normală se plasează între orele 17—21, conform figurii 3.

— Mărimea şi durata sarcinii termice pentru zonele de maxim, minim şi tranziţie, precum şi momentele de apariţie a acestora depind de anotimp, de valoarea temperaturii exterioare, de gradul de nebulozitate, de durata şi intensitatea radiaţiei solare, sau de apariţia altor factori climatici accidentali.

— Faţă de situaţia calitativă medie prezentată, variaţia reală a sarcinii termice la sere poate să fie uneori diferită, în funcţie de condiţiile climatice concrete. În cazul apariţiei bruşte a precipitaţiilor solide şi a vîntului, necesarul de căldură prezintă creşteri importante şi în timp scurt care conduc la o variaţie diferită faţă de cele arătate, în funcţie de valoarea şi durata factorului de climă perturbator. Poate să rezulte astfel o diversitate a curbelor

de variație diurnă în jurul valorilor medii indicate [3].

— Viteza de variație a sarcinii termice a serelor legumicole are valori importante, chiar în condițiile unui regim climatic uniform. Măsurătorile efectuate indică viteze medii de variație a sarcinii termice pentru un complex, de 6—7 MW/min pentru reducere și 3—4 MW/min în cazul creșterii consumului. În cazul unor modificări rapide de regim, viteza de variație ajunge la 10—12 MW/min, punînd probleme deosebite sistemului de reglare a livrării căldurii, precum și instalațiilor din CET pentru preluarea variațiilor de volum ale agentului termic.

Prin modificarea simultană a debitului și temperaturii apei pot să aibă loc variații de ± 50—70% din sarcina termică momentană, într-un interval de 10—20 min.

Cele arătate impun pentru sere un sistem de încălzire elastic, care să realizeze modificarea rapidă a debitării, în concordanță permanentă cu necesarul de căldură, ceea ce conduce la variații mari în livrare și durate mărite ale perioadei de încălzire.

c) Sarcina termică medie zilnică a serelor variază direct cu temperatura exterioară, aceasta fiind de cele mai multe ori determinantă, dar apariția altor factori climatologi o poate modifica sensibil.

Comparativ cu sarcina termică urbană, la sere se înregistrează variații relative mai mari în cursul perioadei de încălzire. Diferențele de la o zi la alta la sere pot să aibă valori importante.

În cursul fiecărei zile apar variații sensibile în ambele sensuri de la media zilnică, această valoare nefiind concludentă ca atare.

Vîrfurile maxime de consum mediu zilnic se înregistrează la date calendaristice diferite și nu totdeauna la temperaturile exterioare cele mai coborîte.

d) Variația sarcinii termice medii lunare și pe intervale mai mari de timp depinde de caracterul climatic variabil al perioadei respective, regăsindu-se concluziile menționate mai sus.

e) În legătură cu variația temperaturii agentului termic, au rezultat următoarele :

— În premisa aplicării reglajului calitativ, temperatura în conducta de ducere spre sere este diferită față de încălzirea urbană pe toată durata sezonului de încălzire, și anume în perioadele de frig intens are valori mai ridicate cu 10—20 grade, iar în perioadele de tranziție, noaptea mai ridicate și ziua mai coborîte, în funcție de climatul exterior. La începutul și sfîrșitul sezonului de încălzire, temperatura în conducta de ducere coboară mult sub 70°C.

— Temperatura apei în conducta de întoarcere este totdeauna mai coborîtă la sere decît la încălzirea urbană, iar ecartul de temperatură utilizat este mai mare, indicînd o mai bună folosire a instalațiilor din CET.

Concluzii

Necesarul de căldură al serelor legumicole, asemănător sarcinii termice urbane, reprezintă un consum de căldură pentru încălzire sezonier, dependent de factorii climatici exteriori și utilizînd ca agent termic apa fierbinte.

Caracterul tehnologic al consumului și caracteristicile construcției fac ca mărimea și variația sarcinii termice a serelor legumicole, precum și parametrii de reglaj al căldurii livrate acestora să se afle într-un domeniu mai larg comparativ cu sarcina termică urbană.

Cunoașterea mai bună a mărimii și a modului de variație a sarcinii termice a serelor este necesară stabilirii măsurilor de îmbunătățire a alimentării și perfecționării metodelor de reglaj al livrării, în vederea creșterii siguranței în funcționare și a raționalizării consumului.

Curbele de variație medie diurnă prezentate sînt utilizate direct la anticiparea zonelor de creștere și reducere a consumului, în cadrul unui nou procedeu de reglare [4], facilitînd luarea măsurilor de pregătire din vreme a instalațiilor și manevrelor necesare livrării optime a căldurii.

Bibliografie

[1] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării.* Editura tehnică, București, 1967.

[2] Sokolov, E. Ia. *Alegerea sistemului rațional de alimentare cu căldură.* Simpozionul de termoficare. Timișul de Sus, 1967, Rap. II—6.

[3] Oancea, L. *Contribuții la îmbunătățirea alimentării cu căldură prin termoficare a marilor complexe de sere legumicole.* Teză de doctorat, București, 1977.

[4] Oancea, L. *Procedeu și diagramă de reglaj pentru livrarea căldurii prin termoficare la marile complexe de sere legumicole.* În : Energetica, 21, nr. 11, 1973.

(Articol intrat în redacție la 19 octombrie 1978)

Cercetări asupra cîmpului de viteze și a debitului de gaze recirculate intern la un jet turbionat, cu aplicații la arzătoare de acest tip

Ing. L. Mihăescu,
dr. ing. I. Iordache
și M. Constantinescu*)

1. Considerații generale

Datorită impulsului axial redus, jeturile turbionate sînt preferabile celor neturbionate pentru cazul incintelor de ardere de dimensiuni reduse. Ele favorizează realizarea unui amestec mai bun între combustibil și aer, fapt care îmbunătățește arderea. Zona depresionară centrală, prin gazele calde pe care le recirculă, îmbunătățește aprinderea și stabilitatea flăcării.

Jeturile turbionate au fost în special studiate ca jeturi de aer secundar în cazul arzătoarelor pentru gaze și păcură și mai puțin pentru cazul arderii prafului de cărbune [1], [2].

Articolul de față analizează distribuția de viteze și cantitatea de gaze recirculate intern pentru cazul unui turbion liber izoterm, detaliile fiind dezvoltate în ideea că în acest jet va fi insuflat praf de cărbune. În lucrările [2] și [3] se prezintă principalele tipuri de arzătoare de praf de cărbune cu jeturi rotaționale, cu principalele lor avantaje privind posibilitatea echipării cu ele a cazanelor de dimensiuni mici, destinate arderii cărbunelui sub formă pulverizată.

Cercetările privind jeturile bifazice, de la desprăfuitoarele-ciclon și de la focarele de tip ciclon, nu pot fi decît parțial folosite pentru cazul arzătoarelor turbionate de praf de cărbune, deoarece aceste instalații cuprind jeturi limitate de un perete, din punctul de vedere al expandării.

2. Studii privind distribuția vitezelor

Sistemul de ecuații (în coordonate cilindrice x, r, θ) (fig. 1):

$$\frac{\partial \rho_{am}}{\partial \tau} + \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial \theta} + \frac{v}{r} \right) \rho_{am} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau}(\rho_{am} \cdot \bar{U}) = \frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{r}\frac{\partial (r \cdot \tau_{xr})}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \tau_{x\theta}}{\partial \theta} \quad (2)$$

ce caracterizează mișcarea într-un turbion izoterm liber, nu poate fi integrat decît adoptînd ipoteze simplificatoare. Vectorul vitezei $\bar{U}$ după cele trei direcții x, r, θ va avea componentele u, v și, respectiv, w. Considerîndu-se jetul izoterm ($\rho_{am} = \text{const.}$), cilindric simetric $\left(\frac{\partial u}{\partial \theta} = 0\right)$, în regim de curgere normal, $\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} = 0$ (acest regim corespunde, așa cum se va arăta în continuare, zonei exterioare nucleului central depresionar de rază r_e), și stabilizat $\left(\frac{\partial}{\partial \tau} = 0\right)$, în urma particularizărilor tensiunilor de frecare,

$$\tau_{xr} = \mu_t \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial r} \right); \quad \tau_{x\theta} = \mu_t \left(\frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{\partial w}{\partial x} \right),$$

sistemul se va transforma în [3]:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial \theta} + \frac{v}{r} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho_{am} u^2 r) + \frac{\partial}{\partial r}\left[\rho_{am} uvr - \mu_t r \frac{\partial u}{\partial r} + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial}{\partial \theta}(uwr\ \rho_{am} dr) \right] = 0 \quad (4)$$

unde coeficientul de viscozitate μ_t va avea forma $\mu_t = \varkappa\, \rho_{am}\, b u_m$. Cu $\varkappa$ s-a notat un coeficient experimental ce caracterizează viscozitatea fluidului jetului, cu b semigrosimea jetului, iar cu u_m viteza axială maximă. Prin analogie cu jeturile neturbionate libere, s-a considerat $\mu_t = \text{const.}$

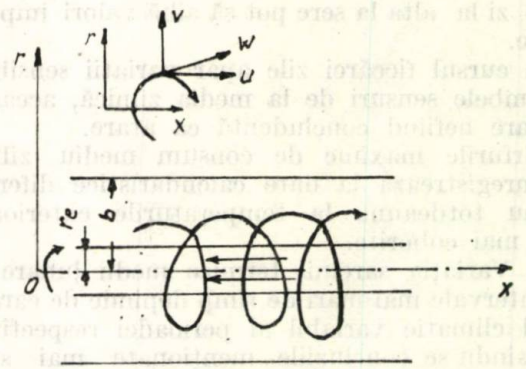


Fig. 1. Modelul matematic pentru studiul unui jet turbionat izotermic cu rază constantă.

Pentru rezolvarea sistemului de ecuații (3)—(4), a fost nevoie să se introducă noțiunea de tub de vîrtej. Curbele înfășurătoare ale vectorilor vîrtej definiți prin relația $\bar{\omega} = \frac{1}{2}\,\text{rot}\,\bar{v}$, la un moment dat, formează liniile de vîrtej. Rezultă că o linie de vîrtej reprezintă înfășură-

*) Ing. Lucian Mihăescu și dr. ing. Ion Iordache sînt cadre didactice la Catedra de cazane și turbine din Institutul politehnic București; Mihai Constantinescu este student în anul V al Facultății de mecanică.

toarea axelor instantanee de rotaţie turbionară.

Deoarece vectorul vîrtej are divergenţa nulă

$$\operatorname{div} \bar{\omega} = \nabla \frac{1}{2}(\nabla \bar{v}) = 0, \tag{5}$$

rezultă că acesta reprezintă un cîmp solenoidal, şi de aici derivă teorema a doua a lui Helmholtz pentru un tub de vîrtej, şi anume: fluxul vectorului vîrtej prin orice secţiune a tubului este constant. Rezultă că într-o secţiune de arie minimă, viteza de rotaţie este maximă, şi invers, deoarece $2 \cdot \bar{\omega} \cdot \mathrm{d}s = \text{const.}$, lucru ce duce la concluzia că originea vîrtejului nu poate fi în centrul său, deoarece în acest caz viteza în centru ar fi infinită [4], [5] (fig. 2 *a*).

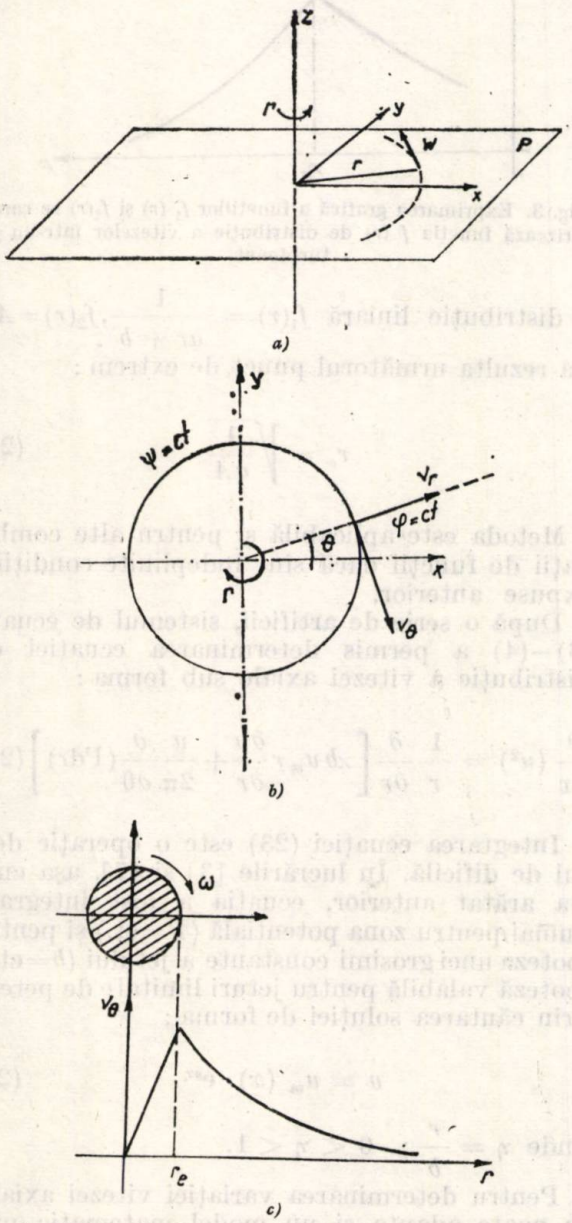


Fig. 2. Distribuţia de viteze într-un turbion potenţial infinit de lung.

Dacă se defineşte circulaţia Γ_{AB}, a vitezei $\bar{U}$ în lungul unui contur oarecare deschis $\overset{\frown}{AB}$ prin integrala curbilinie:

$$\Gamma_{AB} = \int_{\overset{\frown}{AB}} \bar{U}\, \mathrm{d}\bar{r}, \tag{6}$$

$\bar{r}$ fiind vectorul de poziţie, şi dacă se va considera o curbă simplă închisă C şi o suprafaţă oarecare deschisă S, care se sprijină pe curba C, se va obţine expresia:

$$\int_S 2\bar{\omega}\bar{n}\, \mathrm{d}S = \int_C \bar{U}\mathrm{d}\bar{r} = \Gamma \tag{7}$$

Pentru determinarea distribuţiei vitezelor într-un tub de curent de lungime infinită, se poate aplica metoda mişcărilor potenţiale axial-simetrice. Sistemul de coordonate cel mai convenabil este cel polar, prezentat în figura 2 *b*.

Viteza în mişcarea potenţială axial-simetrică va rezulta dintr-un potenţial conform relaţiei:

$$\bar{U} = \operatorname{grad} \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial r}\bar{i}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial \theta}\bar{i}_\theta, \tag{8}$$

sau dacă se introduce şi noţiunea de „funcţie de curent", ψ, din relaţia:

$$\bar{U} = \operatorname{grad} \psi \times \bar{k} = \begin{vmatrix} \bar{i}_r & \bar{i}_\theta & \bar{k} \\ \dfrac{\partial \psi}{\partial r} & \dfrac{1}{r}\cdot\dfrac{\partial \psi}{\partial \theta} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} =$$

$$= \frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial \theta}\bar{i}_r - \frac{\partial \psi}{\partial r}\bar{i}_\theta, \tag{9}$$

obţinîndu-se în final:

$$\left.\begin{aligned} v_r &= \frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial \theta} \\ v_\theta &= \frac{1}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial \theta} = -\frac{\partial \psi}{\partial r} \end{aligned}\right\} \tag{10, 11}$$

Pentru cazul mişcării turbionare potenţiale compusă din „sursă şi vîrtej plasate în origine", funcţia potenţialului complex va fi:

$$f(Z) = \frac{Q}{2\pi}\ln Z + \frac{i\Gamma}{2\pi}\ln Z = \frac{Q + i\Gamma}{2\pi}\ln Z \tag{12}$$

unde Q reprezintă sursa plasată în origine.

Prin folosirea coordonatelor polare $Z = r_e^{i\theta}$, relaţia (12) se va transforma în [4], [5]:

$$\varphi(r,\theta) + i\psi(r,\theta) = \frac{Q + i\Gamma}{2\pi}(\ln r + i\theta), \quad (13)$$

unde

$$\begin{cases} \varphi(r,\theta) = \dfrac{1}{2\pi}(Q \ln r - \Gamma\theta) & (14) \\ \psi(r,\theta) = \dfrac{1}{2\pi}(\Gamma \ln r + Q\theta) & (15) \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_\theta = -\dfrac{\partial\psi}{\partial r} = -\dfrac{1}{2\pi}\Gamma\dfrac{1}{r} & (16) \\ v_r = \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial\psi}{\partial\theta} = \dfrac{1}{2\pi r}Q & (17) \end{cases}$$

Se remarcă scăderea hiperbolică a vitezei tangenţiale $v_\theta = w$ şi radiale $v_r = v$ cu creşterea razei r pentru o zonă a jetului în afara nucleului central de rază r_e, unde distribuţia vitezei tangenţiale va avea un caracter de cvasisolid în rotaţie, $w = r \cdot \omega$ — fig. 2*c* [6].

În lucrările [3] şi [7] se prezintă o metodă de integrare a sistemului de ecuaţii (3)—(4) pentru determinarea distribuţiei vitezei axiale. Problema nu a fost rezolvată decît pentru cazul cînd conturul exterior al jetului rămîne constant şi numai pentru zona de bază cvasipotenţială (periferică) a jetului. În timpul rezolvării, pentru cîmpul de viteze tangenţiale şi radiale, s-au utilizat relaţiile (16) şi (17).

În articolul de faţă se caută o tratare macroscopică a unui jet turbionar, prin căutarea unei metode de trecere continuă între cele două zone ale jetului, în scopul unei exprimări analitice mai accesibile [8].

De fapt, o distribuţie de viteze ca cea din figura 2*c* presupune existenţa unei funcţii $f(r)$ compusă din două funcţii monotone $f_1(r)$ şi $f_2(r)$, prima descrescătoare şi a doua crescătoare, care să îndeplinească următoarele condiţii (fig. 3) [8]:

$$\begin{cases} f_1(r_e) = f_2(r_e) & \\ f(r) \simeq f_2(r) & \text{pentru } r < r_e \\ f(r) \simeq f_1(r) & \text{pentru } r > r_e \end{cases} \quad (18)$$

În acest caz se poate scrie:

$$\frac{1}{f(r)} = \frac{1}{f_1(r)} + \frac{1}{f_2(r)} \quad (19)$$

$$f(r) = \frac{f_1(r) \cdot f_2(r)}{f_1(r) + f_2(r)} \quad (20)$$

Funcţia $f(r)$ va trebui să admită un singur maxim pentru un sens al abscisei r. Anularea derivatei va duce la relaţia:

$$f_1'(r) \cdot f_2^2(r) + f_2'(r) \cdot f_1^2(r) = 0 \quad (21)$$

Conform distribuţiei de viteze arătată în figura 2*c*, admiţînd pentru funcţia $f_1(r)$ o distribuţie hiperbolică, iar pentru funcţia $f_2(r)$

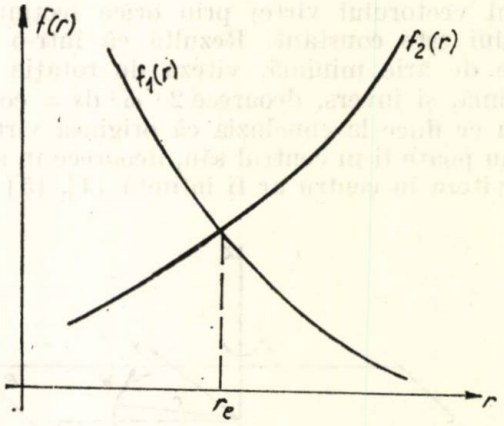


Fig. 3. Exprimarea grafică a funcţiilor $f_1(r)$ şi $f_2(r)$ ce caracterizează funcţia $f(r)$ de distribuţie a vitezelor într-un jet turbionat.

o distribuţie liniară $f_1(r) = \dfrac{1}{ar + b}$, $f_2(r) = Ar$, va rezulta următorul punct de extrem:

$$r_e = \sqrt{\frac{1}{aA}} \quad (22)$$

Metoda este aplicabilă şi pentru alte combinaţii de funcţii dacă sînt îndeplinite condiţiile expuse anterior.

După o serie de artificii, sistemul de ecuaţii (3)—(4) a permis determinarea ecuaţiei de distribuţie a vitezei axiale sub forma:

$$\frac{\partial}{\partial x}(u^2) = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[\varkappa b\, u_m r \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{2\pi}\frac{\partial}{\partial\theta}(\Gamma dr)\right] \quad (23)$$

Integrarea ecuaţiei (23) este o operaţie destul de dificilă. În lucrările [3] şi [7], aşa cum s-a arătat anterior, ecuaţia a fost integrată numai pentru zona potenţială (Γ=ct.) şi pentru ipoteza unei grosimi constante a jetului (b=ct.), ipoteză valabilă pentru jeturi limitate de pereţi, prin căutarea soluţiei de forma:

$$u = u_m(x) \cdot e^{a\eta} \quad (24)$$

unde $\eta = \dfrac{r}{b}$; $0 < \eta < 1$.

Pentru determinarea variaţiei vitezei axiale, se poate adapta şi un model matematic mai simplu, care are la bază egalitatea dintre forţa

de inerţie şi de frecare, pentru un volum din jetul turbionat cuprins între două planuri paralele situate între ele la distanţa dx (fig. 4).

$$\rho_{am} \cdot \frac{\pi b^2}{4} \cdot dx \cdot u \frac{du}{dx} = -\tau \cdot \pi \cdot b \cdot dx, \quad (25)$$

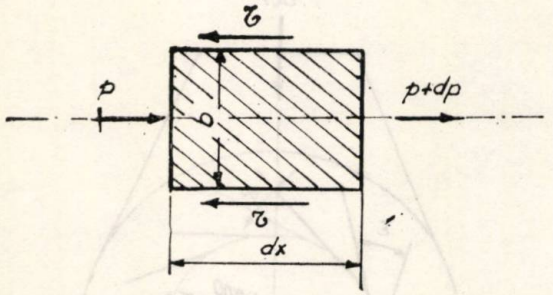


Fig. 4. Modelul matematic pentru studiul distribuţiei axiale a vitezei.

în care cu b s-a notat grosimea jetului

$$\tau \cdot \pi \cdot b \cdot dx = dp \frac{\pi b^2}{4} \quad (26)$$

Cum $\frac{dp}{dx} = \lambda \frac{1}{r} \cdot \frac{\rho_{am} \cdot u^2}{2}$, va rezulta:

$$\tau = \frac{dp}{dx} \cdot \frac{b}{4} = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{\rho_{am} \cdot u^2}{2}, \quad (27)$$

unde λ este coeficientul de frecare dintre jet şi mediul ambiant.

Prin înlocuirea relaţiei (27) în (25) va rezulta:

$$u = u_0 \cdot e^{-\frac{\lambda}{2b} \cdot x} \quad (27)$$

Relaţia (27) nu este o relaţie explicitată, deoarece grosimea jetului, b, nu este o constantă pentru un jet liber. Pentru determinarea profilului real al vitezei axiale într-o anumită secţiune (curba *3*), s-a folosit metoda compunerii acesteia din două funcţii (*1*) şi (*2*) conform relaţiilor (18)—(20) (fig. 5). Profilul real presupune şi existenţa unei viteze axiale în sens contrar în zona turbionului central.

Pentru funcţiile ce caracterizează viteza după cele două curbe (*1*) şi (*2*), se pot adopta formele:

$$(u)_1 = \frac{C_1}{r} \quad (28)$$

$$(u)_2 = -C_2 + C_3 r^\alpha, \quad (29)$$

de unde se va obţine

$$u = \frac{(u)_1 \cdot (u)_2}{(u)_1 + (u)_2} \quad (30)$$

Pentru $r = 0$ va rezulta $C_2 = u_{a,0}$, iar pentru $r = r_e$, $(u)_1 = (u)_2$.

Conturul exterior al jetului va fi la raza r_1, la care viteza axială devine egală cu zero — raza r_1 va trebui considerată însă acolo unde viteza va fi mai mică decît o valoare $u_{a,e}$ impusă ca viteză minimă măsurabilă pe graniţă. În lucrarea [9] se defineşte $u_{a,e} = 0{,}1 \cdot u_m$, precum şi parametrul n ce caracterizează intensitatea turbionării în funcţie de sistemul de generare a acesteia. Raza r_e este determinată de construcţia arzătorului, ea reprezentînd raza părţii centrale a arzătorului în care nu există curgere cu caracter rotaţional:

$$\frac{C_1}{r_e} = -u_{a,0} + C_3 \cdot r_e^\alpha \quad (31)$$

$$u_{a,e} = \frac{C_1}{r_1} \quad (32)$$

Din relaţiile (31) şi (32) se obţine:

$$C_3 = \left(u_{a,0} + u_{a,e} \frac{r_1}{r_e}\right) \cdot \frac{1}{r_e^\alpha} \quad (33)$$

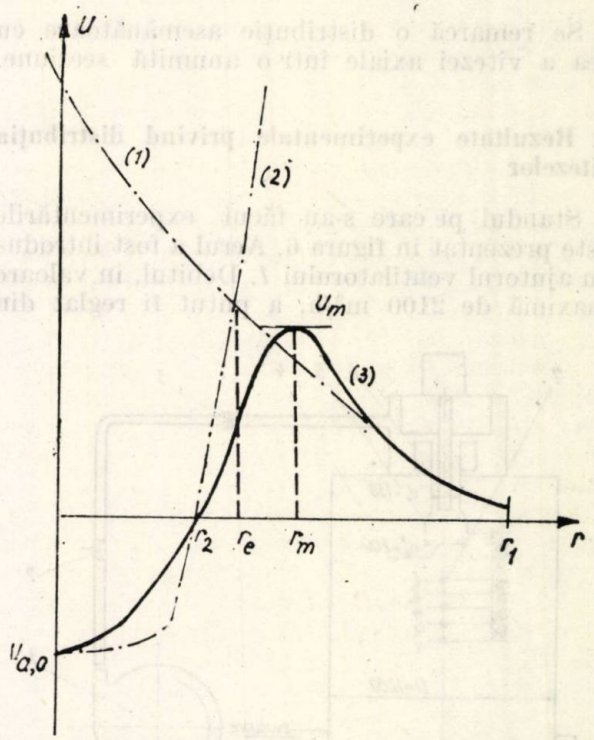


Fig. 5. Funcţiile propuse pentru compunerea profilului vitezei axiale u.

Odată determinate constantele, prin aplicarea relaţiei (30) se poate obţine expresia vitezei axiale $u(x,r)$:

$$u(x,r) = \frac{u_{a,e} \frac{r_1}{r} \left[\left(u_{a,0} + u_{a,e} \frac{r_1}{r_e}\right)\left(\frac{r}{r_e}\right)^\alpha - u_{a,0}\right]}{u_{a,e} \frac{r_1}{r} - u_{a,e} + \left(u_{a,0} + u_{a,e} \frac{r_1}{r_e}\right)\left(\frac{r}{r_e}\right)^\alpha}, \quad (34)$$

unde

$$\alpha = f(n) \tag{35}$$

$$r_2 = f(r_e, x, n) \tag{36}$$

$$r_1 = f(u_m) = f(d_0, u_0, x, n) \tag{37}$$

u_0 fiind viteza axială în secţiunea de ieşire a arzătorului.

Pentru determinarea distribuţiei vitezei radiale v în jet, se poate porni de la relaţia variaţiei razei jetului în timp:

$$\frac{dr}{d\tau} = \frac{\partial r}{\partial \tau} + \frac{\partial r}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial \tau} \tag{38}$$

Considerîndu-se mişcarea permanentă $\left(\frac{\partial}{\partial \tau} = 0\right)$, va rezulta:

$$v = \frac{dr}{d\tau} = \frac{\partial r}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \tau} = u \frac{\partial r}{\partial x} \tag{39}$$

Se remarcă o distribuţie asemănătoare cu cea a vitezei axiale într-o anumită secţiune.

3. Rezultate experimentale privind distribuţia vitezelor

Standul pe care s-au făcut experimentările este prezentat în figura 6. Aerul a fost introdus cu ajutorul ventilatorului *1*. Debitul, în valoare maximă de 2100 m³/h, a putut fi reglat din

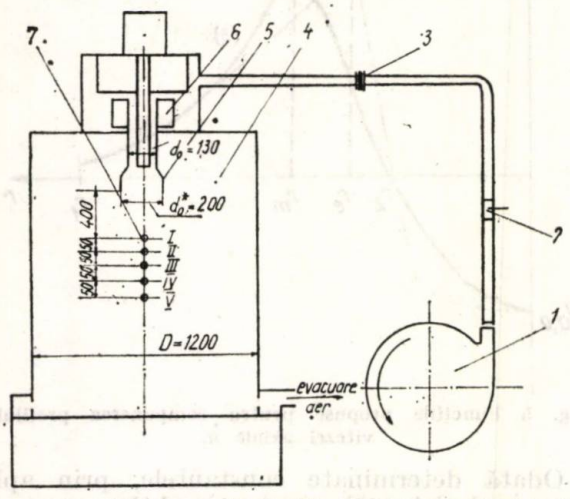


Fig. 6. Standul experimental utilizat pentru studiul jeturilor libere izotermice de aer.

clapeta *2* şi măsurat cu ajutorul diafragmei *3*. Turbionarea aerului s-a realizat cu ajutorul unor palete reglabile *6*. Corpul arzătorului propriu-zis, de diametru $d_0 = 130$ mm, este continuat cu un difuzor cu diametrul $d_0^* = 200$ mm.

Măsurătorile au fost efectuate în cinci puncte notate de la I la V, fiecare punct fiind situat faţă de celălalt la o distanţă de 50 mm.

În figura 7 se prezintă modul de construcţie şi de distribuţie a paletelor ce generează mişcarea de turbionare a aerului.

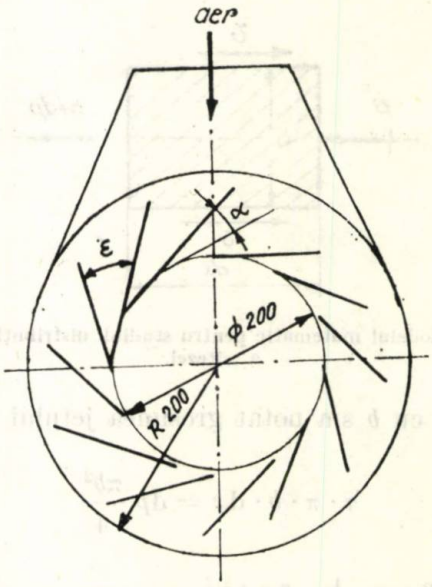


Fig. 7. Construcţia sistemului de generare a mişcării turbionare la standul experimental utilizat.

Măsurarea vitezelor s-a făcut cu ajutorul unui tub Pitot legat la un manometru diferenţial. De obicei tubul Pitot nu poate fi folosit decît în cazul curgerilor unidirecţionale. Folosirea sa în cazul unei curgeri rotaţionale s-a putut realiza prin îmbrăcarea capului cu un manşon protector pentru priza de presiune statică, aşa cum se arată în figura 8. S-a reuşit astfel să se anuleze impulsul de viteză ce

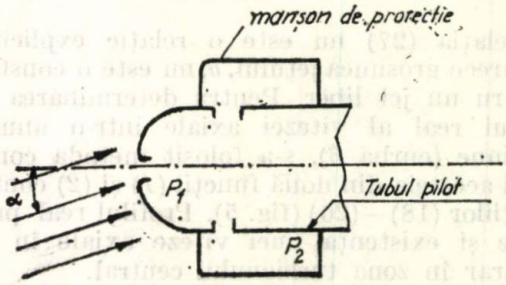


Fig. 8. Modificarea adusă tubului Pitot pentru a fi utilizat la măsurarea unei viteze cu caracter rotaţional.

ar fi fost recepţionat de priza de presiune statică, impuls reprezentat de o componentă a vitezei tangenţiale.

Cu tubul Pitot au fost măsurate vitezele axiale şi viteza totală, prin aşezarea sa paralel cu axul arzătorului şi într-o poziţie corespunzătoare unei depresiuni maxime la manometrul diferenţial. Viteza radială a fost măsurată cu ajutorul unei sonde cu cinci orificii.

Măsurătorile au fost executate pentru trei poziții ale paletelor generatoare de mișcare turbionară. Dacă se definește parametrul turbionării n ca raportul dintre viteza tangențială și cea axială în secțiunea de ieșire din arzător $\left(n = \frac{w}{u}\right)$, celor trei poziții ale paletelor vor corespunde debitele de fluid și parametrii turbionării conform datelor din tabelul 1.

Tabelul 1

Poziția paletelor	Parametrul turbionului n	Debitul de aer m³/h
I	0,6	1810
II	0,56	2000
III	0,48	2100

În figura 9 se prezintă variația vitezei tangențiale în jetul turbionat pentru trei niveluri în direcție axială și pentru toate cele trei grade de turbionare. Așa cum era de așteptat, viteza tangențială este cu atît mai mare cu cît parametrul n este mai mare. Se remarcă de asemenea deplasarea spre exteriorul jetului a maximului vitezei tangențiale o dată cu creșterea gradului de turbionare. Curbele desenate reprezintă media a douăzeci de citiri; acest lucru este valabil și pentru figurile prezentate în continuare.

În figura 10 se prezintă variația vitezei axiale pentru aceleași puncte și condiții ca la viteza tangențială din figura 9. Se remarcă o scădere rapidă a vitezelor odată cu îndepărtarea de gura arzătorului, scăderea fiind cu atît mai evidentă cu cît jetul este mai turbionat. În figura 11 se arată scăderea procentuală a vitezei axiale cu gradul de turbionare la diverse distanțe de gura arzătorului.

Raza nucleului central depresionar, precum și viteza din ax scad de asemenea cu scăderea gradului de turbionare. Conturul exterior al jetului poate fi determinat, așa cum s-a arătat, prin determinarea razei la care $\frac{u}{u_m} = 0{,}1$.

Cu ajutorul curbelor prezentate în figura 10 pot fi determinate constantele C_1, C_2 și C_3, precum și exponentul α din relațiile (28)—(34), care descriu expresia analitică a vitezei axiale u pentru cazul studiat la care $r_e = 36$ mm, $d_0 = 130$ mm, $u_0 = 17{,}8$ m/s. Calculele sînt însă laborioase, și pentru a se obține relații general valabile ar trebui ridicate o multitudine de curbe care să acopere diverse domenii pentru r_e, d_0, u_0 și n. Se preconizează în acest caz utilizarea unor curbe mai simple, care să dea raportul $\frac{u_m}{u_0}$ în funcție de coordonata adimensională $\frac{x}{d_0}$ și de gradul de turbionare.

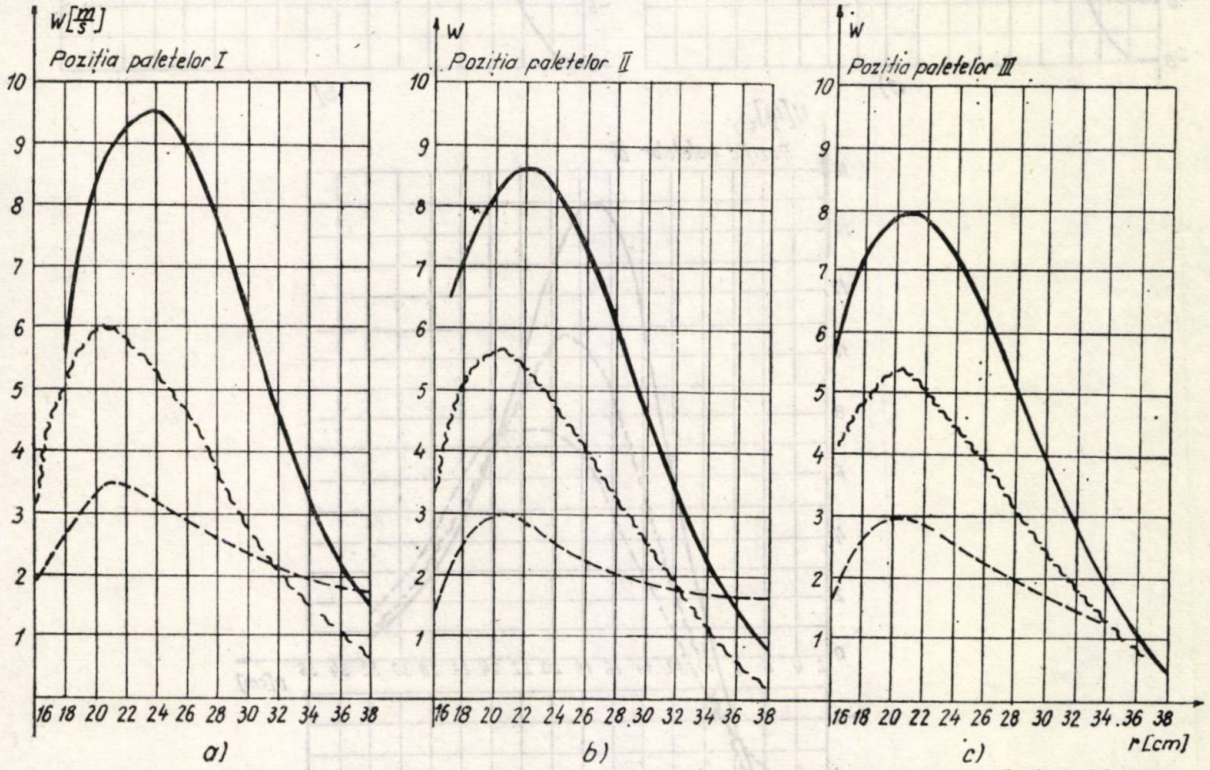


Fig. 9. Variația vitezei tangențiale w în jetul turbionat după coordonatele x și r, pentru trei grade de turbionare : ▬▬ nivelul I; ~~~ nivelul II; – – – nivelul III.

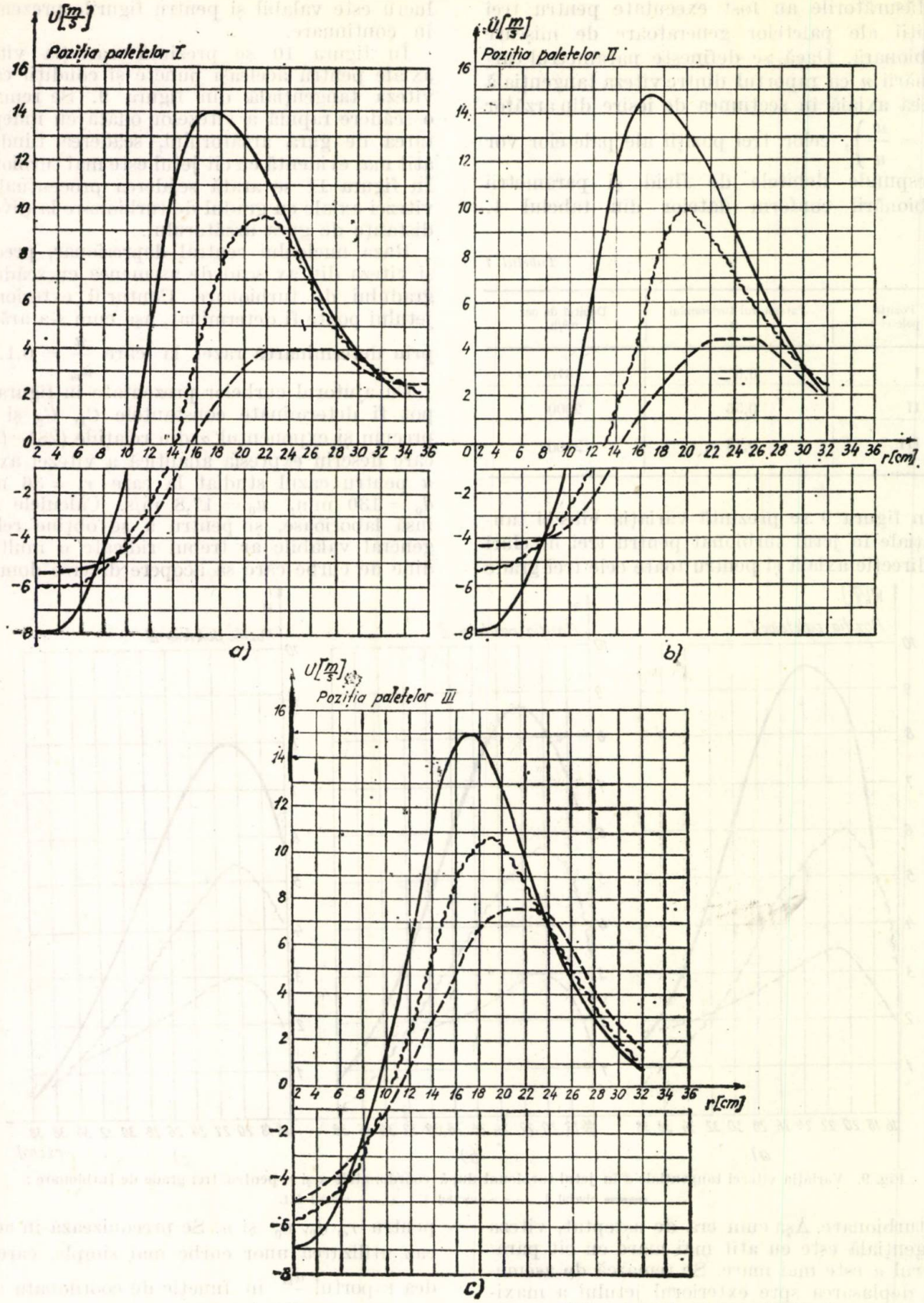


Fig. 10. Variația vitezei axiale în jetul liber turbionat — condiții de experimentare ca la fig. 9:
nivelul I; ~~~ nivelul II; – – – nivelul III.

Factorul $\frac{u_m}{u_0}$ reprezintă bătaia jetului și în ultimă instanță el hotărăște lungimea de penetrație a jetului și deci și lungimea flăcării, fapt arătat în figura 11.

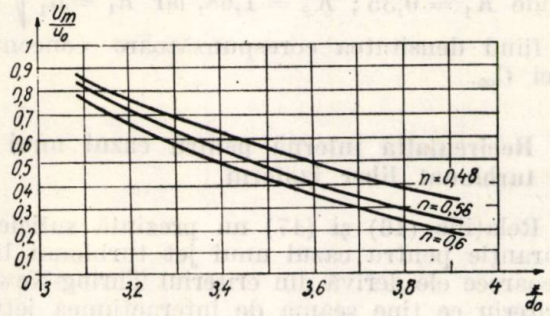


Fig. 11. Variația vitezei axiale față de viteza din gura arzătorului în lungul jetului pentru diverse intensități de turbionare.

În figura 12 se prezintă variația razei relative a jetului $\frac{r_1}{r_0}$ în funcție de coordonata adimensională $\frac{x}{d_0}$ pentru diverse grade de turbionare.

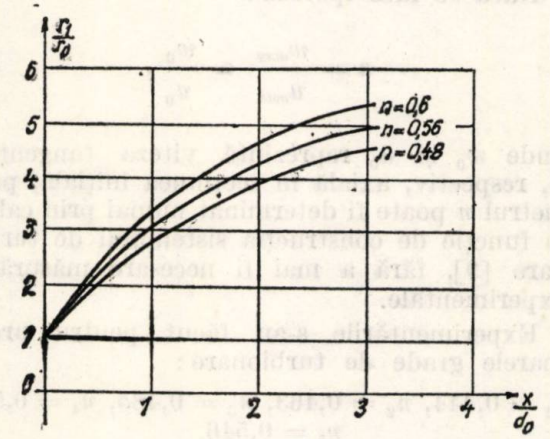


Fig. 12. Variația conturului exterior al jetului în funcție de distanța axială x și gradul de turbionare n.

Conform legilor distribuției vitezelor, expuse anterior, ecuația razei exterioare a jetului turbionar va fi de forma:

$$r_1 = r_0 e^{An\frac{x}{d_0}} \qquad (40)$$

Constanta A poate fi determinată cu ajutorul curbelor din figura 12. În urma calculelor a rezultat:

$$r_1 = r_0 \cdot e^{1{,}06n\frac{x}{d_0}} \qquad (41)$$

4. Parametrii ce caracterizează recirculația produsă de un jet

Pentru un jet turbionat, recirculația internă de fluid este de mare importanță, deoarece în acest mod se aduce spre baza flăcării o cantitate de fluid cald din nucleul flăcării, îmbunătățindu-se în acest mod aprinderea și stabilitatea flăcării, această caracteristică constituind unul din motivele folosirii unor astfel de jeturi, cu toate că ele prezintă căderi mai mari de presiune.

În funcție de intensitatea turbionării, procesul de antrenare de fluid de către jet cunoaște trei cazuri, conform datelor prezentate în figura 13.

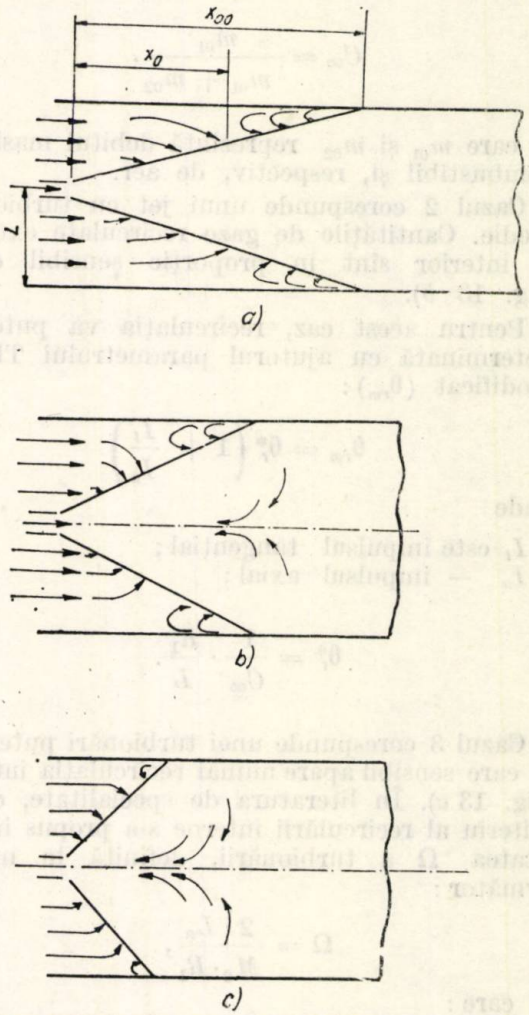


Fig 13. Modelele fizice pentru definirea parametrilor ce caracterizează recirculația la un jet în funcție de gradul de turbionare.

Cazul 1 (fig. 13, *a*) corespunde unei intensități de turbionare egală cu zero, sau foarte redusă, astfel că nu apare un fluid recirculat axial. Procesul de amestecare a jetului cu mediul poate fi determinat prin utilizarea criteriului de recirculare θ_r, prezentat în [1]:

$$\theta_r = \frac{1}{C_\infty} \cdot \frac{R_1}{L}\left[1 + m^2 \frac{\rho_{02}}{\rho_{01}} (\bar{R}_2^2 - 1)\right]^{-\frac{1}{2}} \qquad (42)$$

unde

u_{01} este viteza inițială a jetului de combustibil;
u_{02} — viteza inițială a jetului de aer ce înconjură jetul de combustibil;
R_1 — raza duzei de ieșire a combustibilului;
R_2 — raza gurii de ieșire a aerului;
ρ_{01} — densitatea combustibilului la ieșirea din duză;
ρ_{02} — densitatea aerului la intrarea în camera de ardere;
C_∞ — concentrația amestecului dintre combustibil și aer pentru cazul unei amestecări totale

$$C_\infty = \frac{m_{01}}{m_{01} + m_{02}}, \tag{43}$$

în care m_{01} și m_{02} reprezintă debitul masic de combustibil și, respectiv, de aer.

Cazul 2 corespunde unui jet cu turbionare medie. Cantitățile de gaze recirculate exterior și interior sînt în proporție sensibil egală (fig. 13 *b*).

Pentru acest caz, recirculația va putea fi determinată cu ajutorul parametrului Thring modificat (θ_{rm}):

$$\theta_{rm} = \theta_r^* \left(1 + \frac{I_t}{I_a}\right) \tag{44}$$

unde

I_t este impulsul tangențial;
I_a — impulsul axial;

$$\theta_r^* = \frac{1}{C_\infty} \cdot \frac{R_1}{L}.$$

Cazul 3 corespunde unei turbionări puternice la care sensibil apare numai recirculația internă (fig. 13 *c*). În literatura de specialitate, drept criteriu al recirculării interne s-a propus intensitatea Ω a turbionării, definită în modul următor:

$$\Omega = \frac{2 \cdot L_0}{M_0 \cdot R_1}, \tag{45}$$

în care:

L_0 este momentul cantității de mișcare raportat la axul jetului;
M_0 — cantitatea de mișcare a jetului;
R_1 — raza echivalentă a duzei de ieșire a jetului de combustibil.

După Leahovski, cantitatea de fluid antrenat de un jet de debit Q_0 în funcție de parametrul Ω va fi [11]:

$$Q_r = Q_0 \left[1{,}5\Omega + 0{,}414\left(1 + \Omega \frac{x}{R_1}\right)\right], \tag{46}$$

iar după Spalding:

$$Q_r = Q_0 \cdot \frac{2x}{R_1'} (K_1 + K_2 \cdot \Omega), \tag{47}$$

unde $K_1 = 0{,}35$; $K_2 = 1{,}68$, iar $R_1' = R_1 \sqrt{\frac{\rho_{01}}{\bar{\rho}}}$, $\bar{\rho}$ fiind densitatea corespunzătoare concentrației C_∞.

5. Recirculația internă pentru cazul unui jet turbionat liber izoterm

Relațiile (46) și (47) nu prezintă suficientă garanție pentru cazul unui jet turbionat liber deoarece ele derivă din criteriul Thring-Newby, criteriu ce ține seama de interacțiunea jetului cu pereții incintei camerei de ardere.

Ținîndu-se seama că la focarul unui cazan interacțiunea jet-perete este minimă și că modul de calcul al parametrului Ω nu este tocmai simplu, se propune înlocuirea acestuia cu un alt parametru n, definit ca raportul dintre viteza tangențială maximă în secțiunea în care se determină cantitatea de fluid recirculat și viteza axială maximă corespunzătoare aceleiași secțiuni [10].

Dacă se face ipoteza:

$$n = \frac{w_{max}}{u_{max}} \simeq \frac{w_0}{u_0}, \tag{48}$$

unde w_0 și u_0 reprezintă viteza tangențială și, respectiv, axială în secțiunea inițială, parametrul n poate fi determinat numai prin calcul, în funcție de construcția sistemului de turbionare [9], fără a mai fi necesare măsurători experimentale.

Experimentările s-au făcut pentru următoarele grade de turbionare:

$$n_1 = 0{,}444,\ n_2 = 0{,}463,\ n_3 = 0{,}485,\ n_4 = 0{,}531,\ n_5 = 0{,}546$$

Debitul de fluid recirculat intern va fi:

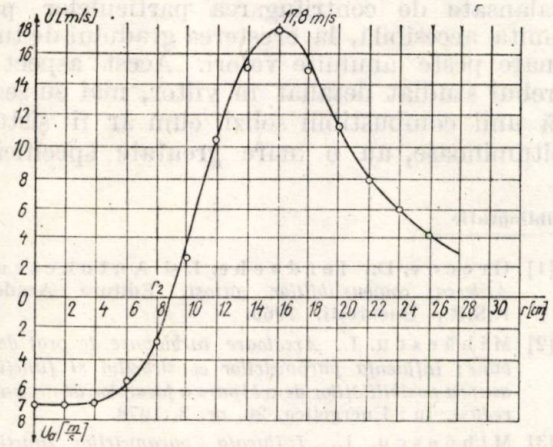
$$G_r = \rho \cdot S \cdot u_a \ [kg/s], \tag{49}$$

unde

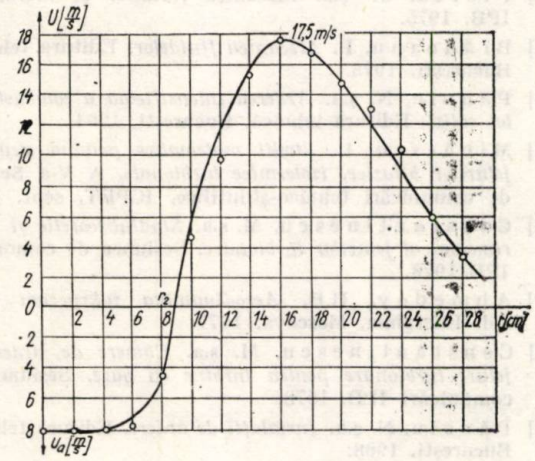
ρ este densitatea fluidului recirculat, kg/m³;
S — suprafața de recirculare perpendiculară pe axa Ox a jetului, m²;
u_a — viteza de recirculare, m/s.

Analitic s-a căutat determinarea debitului de gaze recirculate în zona arzătorului, deoarece acest debit contribuie la stabilitatea procesului de ardere. Secțiunea S a fost determinată prin măsurători experimentale privind raza unde viteza axială u devine egală cu zero, $S = \pi \cdot r_2^2$ (vezi fig. 5). Viteza axială de recirculație s-a determinat prin folosirea metodei

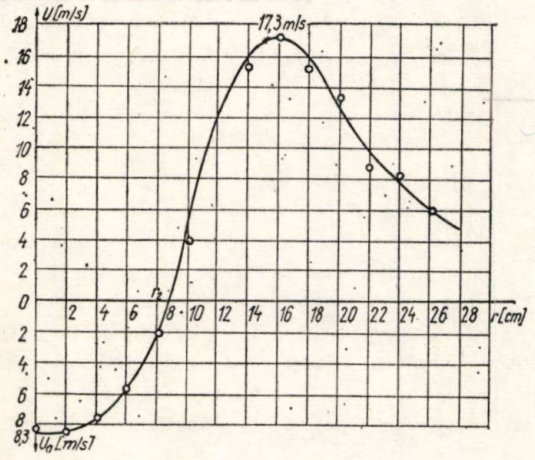
abaterii medii pătratice. În figura 14 se prezintă curbele medii experimentale care au stat la baza calculelor analitice ale debitului recirculat intern în funcţie de cei cinci parametri ai turbionării.



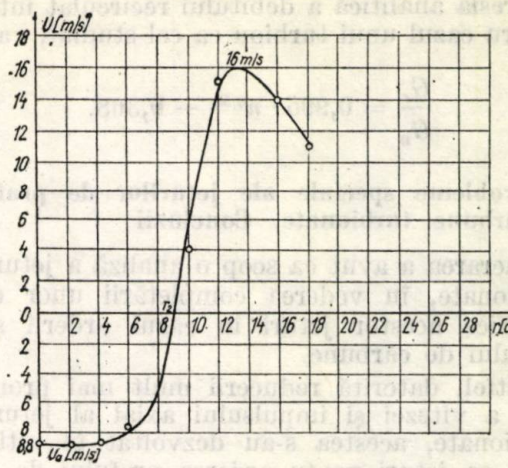
a) $(w)max = 7{,}9$ m/s; $n = 0{,}444$; $\frac{G_r}{G_0} = 0{,}246$



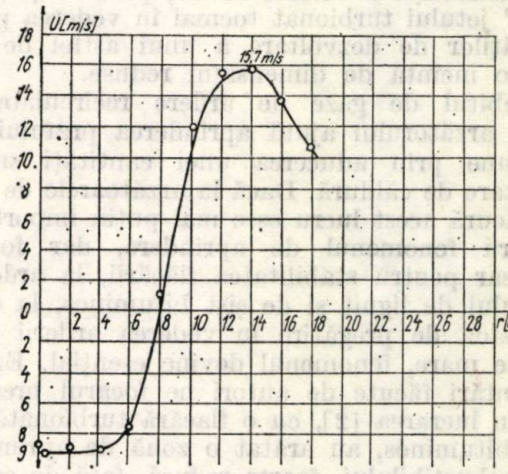
b) $(w)max = 8{,}1$ m/s; $n = 0{,}463$; $\frac{G_r}{G_0} = 0{,}28$



c) $(w)max = 8{,}35$ m/s; $n = 0{,}485$; $\frac{G_r}{G_0} = 0{,}284$



d) $(w)max = 8{,}50$ m/s; $n = 0{,}531$; $\frac{G_r}{G_0} = 0{,}333$



e) $(w)max = 8{,}60$ m/s; $n = 0{,}546$; $\frac{G_r}{G_0} = 0{,}34$

Fig. 14. Curbele experimentale care au stat la baza determinării debitului de fluid recirculat intern la un jet de aer izoterm turbionat

În figura 15 se prezintă variaţia debitului recirculat intern în funcţie de parametrul turbionării n, pentru zona din gura arzătorului.

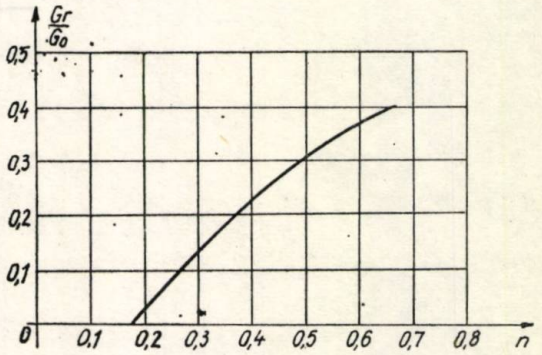


Fig. 15. Variaţia debitului de gaze recirculate intern în zona gurii arzătorului în funcţie de gradul de turbionare a jetului.

Expresia analitică a debitului recirculat intern, pentru cazul unui turbion ca cel studiat, va fi :

$$\frac{G_r}{G_0} = 0{,}995 \cdot n^{0{,}58} - 0{,}368. \qquad (50)$$

6. Probleme speciale ale jeturilor de praf de cărbune turbionate. Concluzii

Lucrarea a avut ca scop o analiză a jeturilor turbionate, în vederea completării unor date specifice acestor jeturi în cazul arderii şi a prafului de cărbune.

Astfel, datorită reducerii mult mai pronunţate a vitezei şi impulsului axial al jeturilor turbionate, acestea s-au dezvoltat în ultimul timp ca jeturi pentu arderea prafului de cărbune pentru instalaţii de cazane de debite mici şi mijlocii [2]. Lucrarea a accentuat elementele de distribuţie a vitezei axiale, precum şi „bătaia" jetului turbionat tocmai în vederea posibilităţilor de dezvoltare a unui astfel de jet într-o incintă de dimensiuni reduse.

Debitul de gaze de ardere recirculate la gura arzătorului ajută aprinderea prafului de cărbune prin aducerea unei cantităţi suplimentare de căldură. Dacă la arzătoarele de gaz şi păcură acest lucru este mai puţin important pentru fenomenul de aprindere, dar foarte necesar pentru stabilitatea flăcării, la arderea prafului de lignit şi de şist bituminos, la care perioada de pregătire în vederea arderii este foarte mare, fenomenul devine esenţial. Experimentări făcute de autori pe focarul prezentat în lucrarea [2], cu o flacără turbionată de şist bituminos, au arătat o zonă de aprindere a combustibilului foarte redusă, faţă de cazul utilizării arzătoarelor de tip fantă. În lucrarea [12] se analizează pe larg variaţia debitului de gaze recirculate în lungul flăcării, în cazul arderii prafului de cărbune, prezentînd astfel o completare a fenomenului de recirculare studiat anterior.

Utilizarea arzătoarelor la arderea prafului de cărbune impune însă limitarea gradului de turbionare la o valoare la care centrifugarea particulelor să nu devină atît de mare încît acestea să părăsească jetul înainte de a arde. Experimentările efectuate au arătat că realizările pozitive din punctul de vedere al omogenizării şi scurtării flăcării sînt rapid contrabalansate de centrifugarea particulelor peste limita accesibilă, la creşterea gradului de turbionare peste anumite valori. Acest aspect va trebui studiat detaliat în viitor, mai cu seamă că unii combustibili solizi, cum ar fi şisturile bituminoase, au o mare greutate specifică.

Bibliografie

[1] Grecov, D., Iordache, I. şi Antonescu, A. *Arderea combustibililor gazoşi.* Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1969.

[2] Mihăescu, L. *Arzătoare turbionare de praf de cărbune; influenţa parametrilor constructivi şi funcţionali asupra posibilităţilor de echipare a focarelor de dimensiuni reduse.* În : Energetica, 26, nr. 3, 1978.

[3] Mihăescu, L. *Influenţa parametrilor funcţionali şi constructivi ai arzătoarelor de praf de cărbune asupra evoluţiei procesului de ardere.* Ref. doctorat, Catedra cazane şi turbine, I.P.B.

[4] Florea, J. ş.a. *Mecanica fluidelor şi hidraulică.* IPB, 1975.

[5] Brădeanu, P. *Mecanica fluidelor.* Editura tehnică, Bucureşti, 1973.

[6] Pănoiu, N. ş.a. *Arderea intensificată a combustibililor solizi.* Editura tehnică, Bucureşti, 1964.

[7] Mihăescu, L. *Studii matematice privind structura jeturilor bifazice, izotermice turbionate.* A V-a Sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice, ICPET, sept. 1977.

[8] Constantinescu, M. ş.a. *Studiul teoretic şi experimental al jeturilor turbionare.* Sesiunea de comunicări IPB, 1978.

[9] Ahmedov, R.B. *Aerodinamika zakrucenoi strui.* Ed. Energhiia, Moscova, 1977.

[10] Constantinescu, M. ş.a. *Camere de ardere cu jeturi turbionare pentru turbine cu gaze.* Sesiunea de comunicări IPB, 1978.

[11] Pănoiu, N. ş.a. *Instalaţii de ardere.* Editura tehnică, Bucureşti, 1968.

[12] Şniţer, I. N. ş.a. *Aerodinamiceskie harakteristiki topocinoi kamert pri razlicinth komponavkah vihrevth gorelok.* În : Energomaşinostroenie, nr. 5, 1978.

(Articolul intrat în redacţie la 21 iulie 1978)

Efectul regimurilor de suflare asupra duratei de viaţă a colectoarelor zonei de medie radiaţie de la cazanele P-55

Dr. ing. **M.G. M. Pop**,
ing. **Ec. Ursu**
şi ing. **D. Manea***)

De curînd, la CTE Mintia, echipată cu cazane cu străbatere forţată tip Ramsin (P-55 de 660 t/h, 140 kgf/cm² şi 550°C), s-a pus problema schimbării regimului de suflare a suprafeţelor de încălzire din focar în scopul obţinerii unei constanţe sporite a parametrilor aburului viu.

Măsurătorile şi experimentările efectuate au evidenţiat că introducerea unui regim de suflare continuă este posibilă şi preferabilă situaţiei actuale de suflare discontinuă, din două în două ore pe o durată de 10 minute, cu condiţia modificării corespunzătoare a unora din constantele sistemului de reglaj al cazanului.

Analizînd efectele colaterale ale schimbării alurii acestui regim, s-a considerat necesară şi efectuarea unui calcul privind mărimea duratei de viaţă a unor elemente sub presiune în cursul suflării continue sau a celei discontinue, utilizată astăzi.

Articolul de faţă îşi propune să descrie metoda de calcul şi concluziile privind evaluările comparative ale duratei de viaţă făcute pentru colectorul de ieşire al zonei de medie radiaţie (ZMR—1) din cazanul 3, ramura A al CTE Mintia (fig. 1).

Concluziile acestui calcul se extind şi pentru colectorul de intrare al acestei zone, cît şi pentru colectoarele ZMR—2, toate avînd aceleaşi caracteristici geometrice, acelaşi material şi aproximativ aceleaşi condiţii de funcţionare.

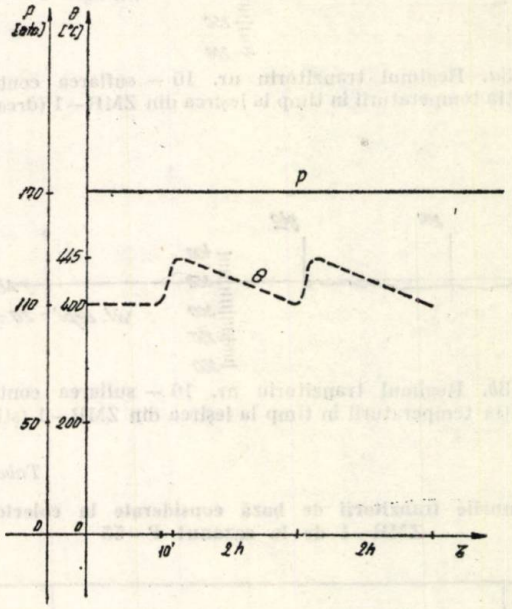


Fig. 2. Regimul tranzitoriu nr. 6 — variaţia temperaturii şi presiunii în timpul suflării soluţie clasică.

Regimurile tranzitorii de bază considerate pentru cazanul P-55 sînt prezentate în tabelul 1.

Efectul acestor regimuri tranzitorii se materializează în apariţia unor eforturi unitare, care conduc la alungiri relative ale elementelor metalice sub presiune studiate. Prin caracterul de ciclicitate al regimurilor tranzitorii, eforturile unitare şi alungirile relative se amplifică, putînd conduce in extremis la ruperea (fisurarea), după un anumit timp de funcţionare, a materialului.

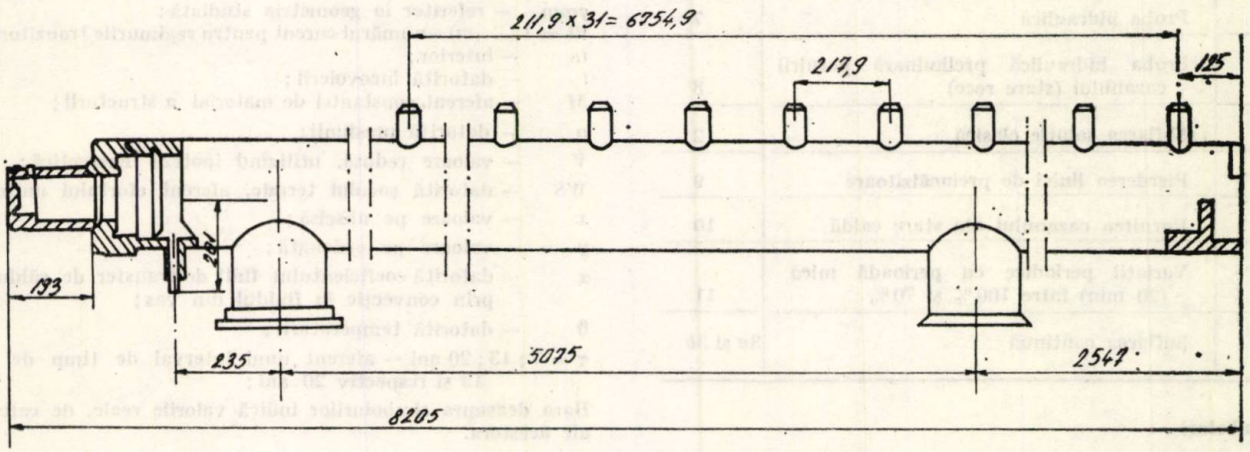


Fig. 1. Colector ieşire ZMR—1.

În felul acesta se poate aprecia efectul înlocuirii suflării soluţie clasică — regimul tranzitoriu nr. 6 (fig. 2) — cu suflarea continuă — regimul tranzitoriu nr. 10 (fig. 3 a şi 3 b).

*) Dr. ing. Mihai G. M. Pop este cercetător ştiinţific principal, Ecaterina Ursu — cercetător ştiinţific şi Dumitru Manea — inginer în cadrul Laboratorului de energetică generală, industrială şi surse noi de energie din ICEMENERG.

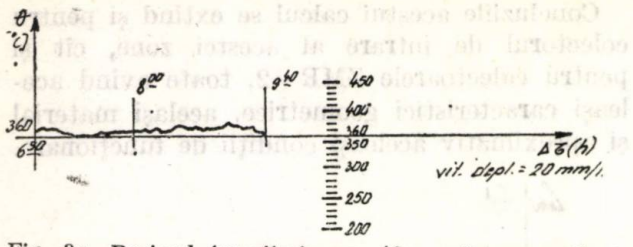


Fig. 3*a*. Regimul tranzitoriu nr. 10 — suflarea continuă. Variaţia temperaturii în timp la ieşirea din ZMR—1 (dreapta).

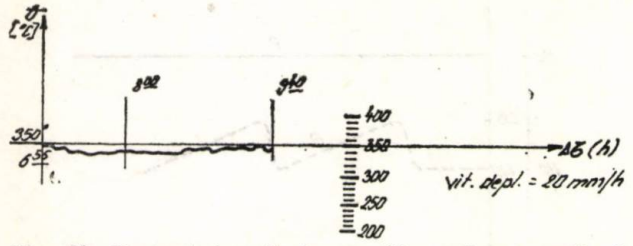


Fig. 3*b*. Regimul tranzitoriu nr. 10 — suflarea continuă. Variaţia temperaturii în timp la ieşirea din ZMR—1 (stînga).

Tabelul 1

Regimurile tranzitorii de bază considerate la colectoarele ZMR—1 de la cazanul P—55

Nr. crt.	Denumirea regimului tranzitoriu	Figura
1	Pornirea cazanului din stare rece cu turbina în funcţiune	4
2	Pornirea cazanului din stare rece cu turbina rece (bloc de la rece)	5
3	Variaţia de sarcină de la 100% la 35%	6
4	Proba hidraulică	7
5	Proba hidraulică preliminară pornirii cazanului (stare rece)	8
6	Suflarea soluţie clasică	2
7	Pierderea liniei de preîncălzitoare	9
8	Pornirea cazanului din stare caldă	10
9	Variaţii periodice cu perioadă mică (20 min) între 100% şi 70%	11
10	Suflarea continuă	3*a* şi 3*b*

Simboluri

a — raza ştuţului, mm;
C_{geom} — coeficient geometric, mm²;
C_M — constantă de material, mm⁴.°C/h. kgf;
D — diametrul recipientului cilindric (colector), mm;
E — modulul de elasticitate (modulul lui Young), kgf/mm²;
F_i — coeficientul de transfer de căldură prin convecţie al fluidului din vas, kcal/m².h.grd;
f — factorul de echivalare pentru recipientele cilindrice;
f_α — factorul de diminuare a efortului unitar ideal de şoc termic;
N — numărul maxim admisibil de cicluri;
n — numărul de cicluri aplicate la un regim tranzitoriu dat;
p — presiunea, kgf/cm²; kgf/mm²;
s — grosimea recipientului cilindric (colector), mm;
t — pasul dintre ştuţuri, mm;
u — raportul dintre diametrul exterior şi cel interior al recipientului cilindric (colector);
V — viteza de variaţie a temperaturii, °C/min;
W — lucrul mecanic net absorbit pentru fisurarea (sau ruperea) materialului, J;
w — lucrul mecanic net absorbit în cursul unui regim tranzitoriu dat, J;
α_i — concentrator de efort datorită acţiunii ovalităţii (încovoierii) asupra marginii găurii;
α_p — concentrator de efort datorită acţiunii presiunii la marginea găurii;
γ — coeficient de echivalare al concentratorilor de efort în funcţie de curbura suprafeţei şi de cîmpul de găuri în instalaţia studiată;
δ — coeficient global de concentrare a eforturilor;
ε — alungirea relativă, %;
ξ — coeficient cumulat de amplificare a vitezei de variaţie a temperaturii datorită curburii recipientului, existenţei găurilor şi dimensiunilor finite ale geometriei studiate;
θ — temperatura, °C;
λ — conductivitatea termică a materialului recipientului, kcal/m.h.grd;
σ — efortul unitar, kgf/mm²;
τ — timpul, s; min;
Φ_{WS} — factorul de material pentru şocul termic, kgf/mm².°C;
ψ — coeficient funcţie de ponderea concentratorului α_i faţă de α_p (factorul de mărire a efortului tangenţial datorită ovalităţii recipientului).

Indici

adm — valoare admisibilă;
c — la curgere;
ex — exterior;
g — datorită găurii;
geom — referitor la geometria studiată;
i(i = 1,...,*m*)—numărul curent pentru regimurile tranzitorii;
in — interior;
t — datorită încovoierii;
M — aferent constantei de material a structurii;
p — datorită presiunii:
V — valoare redusă, utilizînd ipoteza energetică;
WS — datorită şocului termic, aferent efortului unitar;
x — valoare pe abscisă;
y — valoare pe ordonată;
α — datorită coeficientului finit de transfer de căldură prin convecţie în fluidul din vas;
θ — datorită temperaturii;
τ = 7; 13; 20 ani — aferent unui interval de timp de 7; 13 şi respectiv 20 ani;

Bara deasupra simbolurilor indică valorile reale, de calcul, ale acestora.

Tipuri de solicitări care influenţează durata de viaţă a colectoarelor ZMR—1 şi ZMR—2

Determinarea efectului ciclurilor de regimuri tranzitorii are la bază o serie de relaţii cunoscute, atît pentru determinarea alungirilor relative provocate de variaţia temperaturii, ε^θ, cît şi a celor datorate presiunii, ε^p, în cursul unui ciclu. În cele ce urmează se va face o scurtă reamintire a lor.

Alungirile relative corespunzătoare temperaturii pot fi de natură diferită :

— determinate de viteze de variaţie finite (mici), constante în timp ale temperaturii (ε_V^θ) ;

— determinate de variaţii mari, bruşte ale acesteia, considerate şoc termic (ε_{soc}^θ).

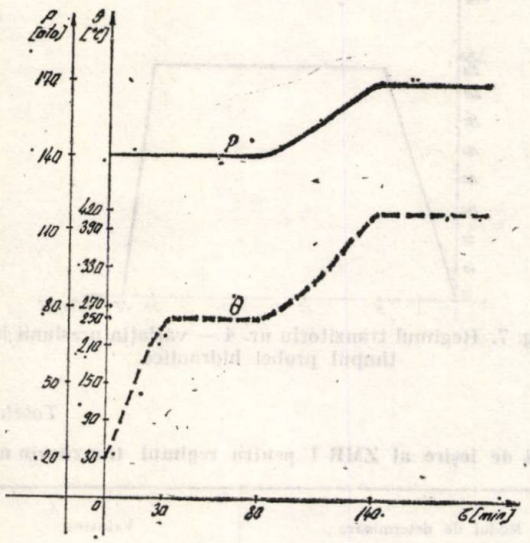


Fig. 4. Regimul tranzitoriu nr. 1 — variaţia temperaturii şi presiunii la pornirea cazanului din stare rece cu turbina în funcţiune.

Astfel, alungirea relativă datorită temperaturii cuprinde aportul cumulat al vitezei de variaţie şi al şocului termic :

$$\varepsilon^\theta = \varepsilon_V^\theta + \varepsilon_{soc}^\theta \qquad (1)$$

Presiunea conduce la majorarea valorii de mai sus cu alungirea relativă corespunzătoare, obţinîndu-se :

$$\varepsilon = \varepsilon^\theta + \varepsilon_V^p \qquad (2)$$

Relaţia pe baza căreia se obţine alungirea relativă datorită vitezei de variaţie a temperaturii este [1], [2] :

$$\varepsilon_V^\theta = 100 \cdot \frac{\sigma_c}{E} \cdot \left[e^{\left(\left| \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot \sigma_c} \cdot \xi \cdot \frac{C_{geom}}{C_M} \cdot V_\theta \right| - 1 \right)} \right], \qquad (3)$$

iar alungirea relativă determinată de şocul termic se calculează cu [3], [4] :

$$\varepsilon_{soc}^\theta = 100 \cdot \frac{\overline{\sigma}_{WS}}{E} \qquad (4)$$

Alungirea relativă corespunzătoare efortului unitar aferent presiunii se determină pe baza relaţiei [5], [6] :

$$\varepsilon_V^p = 100 \cdot \frac{\sigma_c}{E} \cdot e^{\left(\sqrt{3} \cdot \frac{p \cdot \gamma}{\sigma_c} - 1 \right)} \qquad (5)$$

Particularizarea metodologiei de calcul a duratei de viaţă pentru colectoarele ZMR—1 şi ZMR—2

Primele nouă regimuri tranzitorii (tabelul 1) au fost tratate pe baza metodologiei prezentate pe scurt anterior, iar regimul tranzitoriu nr. 10, datorită caracterului său specific (variaţii de amplitudine mică şi frecvenţă mare), a fost studiat printr-o metodă probabilistică tip Palmgren-Miner modificat [7], [8], [9].

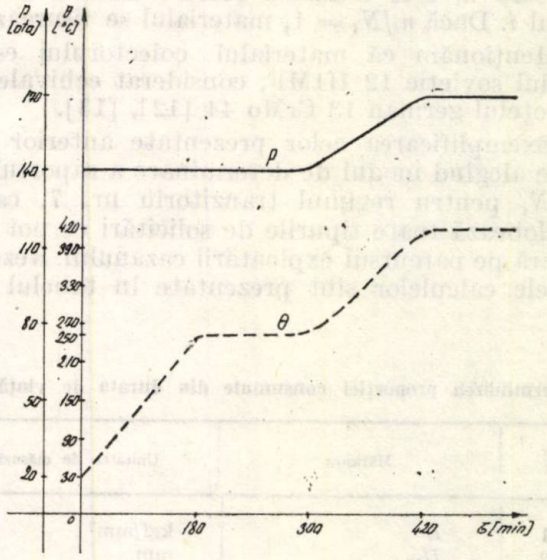


Fig. 5. Regimul tranzitoriu nr. 2 — variaţia temperaturii şi presiunii la pornirea cazanului din stare rece cu turbina rece (bloc de la rece).

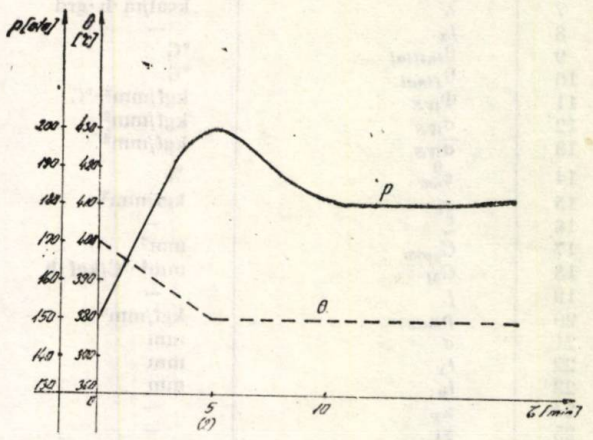


Fig. 6. Regimul tranzitoriu nr. 3 — variaţia temperaturi şi presiunii la variaţia de sarcină de la 100% la 35%.

În felul acesta s-a stabilit alungirea relativă corespunzătoare fiecărui regim tranzitoriu în parte, şi deci numărul maxim admisibil de cicluri, N, pe care îl poate suporta colectorul de ieşire al ZMR—1, [10], [11].

Teoria Miner de acumulare a defectelor [7] arată că acumularea ciclică a acestora într-un material este proporţională cu lucrul mecanic absorbit de acesta prin deformaţie. Astfel, dacă w_i reprezintă lucrul mecanic net absorbit pentru deformarea materialului, corespun-

zător regimului tranzitoriu (solicitării) i, şi dacă W_i este lucrul mecanic net absorbit pentru fisurarea sau ruperea materialului la acelaşi regim tranzitoriu, atunci :

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{w_i}{W_i} = \sum_{i=1}^{m} \frac{n_i}{N_i}, \qquad (6)$$

în care n_i este numărul efectiv de cicluri de tipul i. Dacă $n_i/N_i = 1$, materialul se fisurează.

Menţionăm că materialul colectorului este oţelul sovietic 12 H1MF, considerat echivalent cu oţelul german 13 CrMo 44 [12], [13].

Exemplificarea celor prezentate anterior se face alegînd modul de determinare a raportului n_i/N_i pentru regimul tranzitoriu nr. 7, care înglobează toate tipurile de solicitări ce pot să apară pe parcursul exploatării cazanului. Rezultatele calculelor sînt prezentate în tabelul 2.

Comportarea instalaţiei în primii şapte ani de funcţionare

Efectele regimurilor tranzitorii 1—9 asupra duratei de viaţă a colectorului sînt rezumate în tabelul 3, pe perioada primilor şapte ani de funcţionare a instalaţiei.

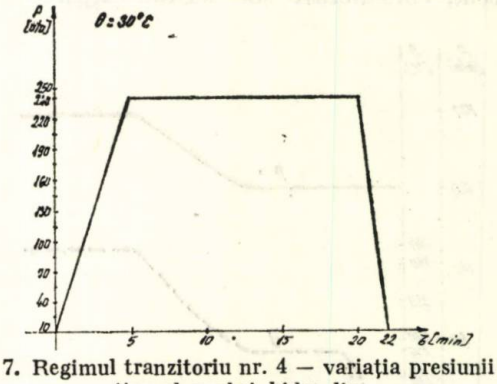


Fig. 7. Regimul tranzitoriu nr. 4 — variaţia presiunii în timpul probei hidraulice.

Tabelul 2

Determinarea proporţiei consumate din durata de viaţă a colectorului de ieşire al ZMR-1 pentru regimul tranzitoriu nr. 7

Nr. crt.	Mărimea	Unitatea de măsură	Modul de determinare	Valoarea
1	E	kgf/mm²	din [3]	$1{,}75 \cdot 10^4$
2	D_{ex}	mm	fig. 1	245
3	D_{in}	mm	fig. 1	201
4	u	—	din [6]	1,2189054
5	F_i	kcal/m²·h·grd	din [14]	2000
6	s	mm	fig. 1	24
7	λ	kcal/m·h·grd	din [13]	32
8	f_α	—	fig. 4 din [4]	0,25
9	$\theta_{iniţial}$	°C	fig. 9	380
10	θ_{final}	°C	fig. 9	400
11	Φ_{WS}	kgf/mm²·°C	fig. 2 din [4]	0,38
12	σ_{WS}	kgf/mm²	relaţia (12) din [4]	−7,60
13	$\overline{\sigma}_{WS}$	kgf/mm²	relaţia (14) din [4]	−1,90
14	$\varepsilon^{\theta}_{eoc}$	%	relaţia (4)	0,0108571
15	σ_c	kgf/mm²	din [13]	21
16	ξ	—	din [1]	2,31
17	C_{geom}	mm²	relaţia (12) din [2]	−191,10354
18	C_M	mm⁴·°C/kgf·h	fig. 1 din [2]	$10{,}32 \cdot 10^4$
19	f	—	relaţia (4) din [6]	1,2323469
20	p_{max}	kgf/mm²	fig. 9	1,7
21	a	mm	fig. 1	16,5
22	t_x	mm	fig. 1	217,9
23	t_y	mm	fig. 1	∞
24	α_p	—	fig. 1 din [6]	2,62
25	α_i	—	fig. 2 din [6]	1,72
26	ψ	—	relaţia (5) din [6]	0,1370454
27	σ_{gpimax}	kgf/mm²	din [1]	30,75770
28	$\sigma_{c,\theta}$	kgf/mm²	fig. 9 şi [13]	21,4
29	$V_{\theta,adm}$	°C/min	din [1]	51,84135
30	$V_{\theta,real}$	°C/min	fig. 9	2
31	$V_{\theta,0}$	°C/min	din [1]	2
32	ε^{θ}_{V}	%	relaţia (3)	0,04512
33	ε^{θ}	%	relaţia (1)	0,0559771
34	δ	—	relaţia (5) din [6]	3,4150082
35	γ	—	relaţia (10) din [6]	10,445865
36	ε^{p}_{V}	%	relaţia (5)	0,19128
37	ε	%	relaţia (2)	0,2472571
38	N_7	—	fig. 1 din [11]	$1{,}21 \cdot 10^5$
39	n_7	—	stabilit experimental	7
40	n_7/N_7	—	—	$5{,}7851239 \cdot 10^{-5}$

Tabelul 3

Efectele regimurilor tranzitorii 1—9 după primii 7 ani de funcţionare a cazanului P—55

Reg. tr.	ε^{θ} %	ε^{p}_{T} %	ε %	n_i —	N_i —	n_i/N_i —
1	0,0529729	0,1952832	0,24825610	24	$1{,}1 \cdot 10^5$	0,00021818181
2	0,0510491	0,1952832	0,2463343	28	$1{,}3 \cdot 10^5$	0,00021538464
3	0,074940	0,1974767	0,2724167	21	$9{,}6 \cdot 10^4$	0,00021875
4	—	0,225124	0,225124	3	$1{,}8 \cdot 10^5$	0,000012962962
5	—	0,1106538	0,1106538	52	$1 \cdot 10^7$	0,0000052
6	0,04564705	0,201647	0,24729405	25200	$1{,}2 \cdot 10^5$	0,21
7	0,0559771	0,19128	0,2472571	7	$1{,}21 \cdot 10^5$	0,000057851239
8	0,0538544	0,1874011	0,2412555	46	$1{,}45 \cdot 10^5$	0,00031724137
9	0,0555706	0,212766	0,2683366	13440	$1{,}05 \cdot 10^5$	0,128

Numărul de cicluri suportate efectiv de instalaţie, n_i, a fost determinat pe baza datelor existente la compartimentul de urmărire a producţiei în centrală, în intervalul celor şapte ani. Din tabelul 3 rezultă efectele mari pe care

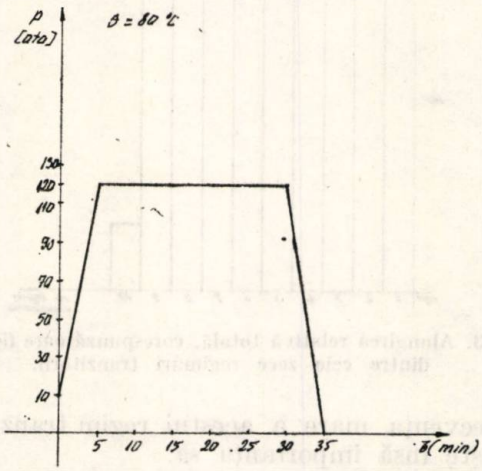


Fig. 8. Regimul tranzitoriu nr. 5 — variaţia presiunii în timpul probei hidraulice preliminare pornirii cazanului (stare rece).

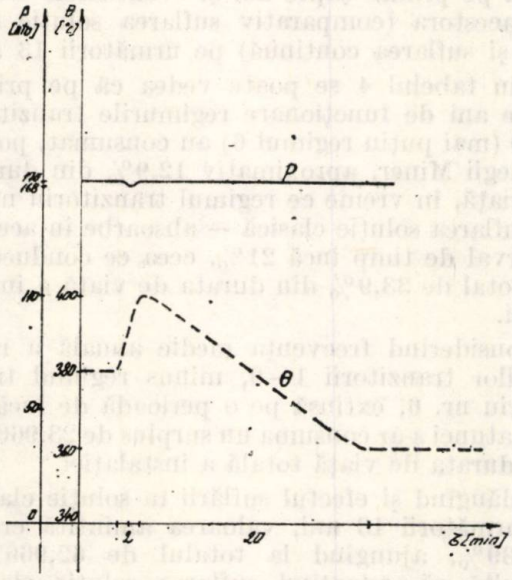


Fig. 9. Regimul tranzitoriu nr. 7 — variaţia temperaturii şi presiunii la pierderea liniei de preîncălzitoare (o dată pe an).

le are presiunea asupra materialului instalaţiei, conducînd la valori mari ale alungirii relative şi deci la reducerea duratei de viaţă a instalaţiei.

Din punctul de vedere al solicitărilor materialului (ε) cel mai puţin periculos este regimul tranzitoriu nr. 5 — proba hidraulică prelimi-

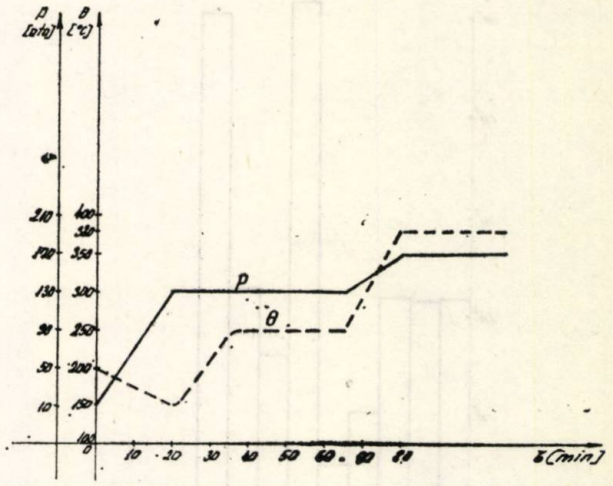


Fig. 10. Regimul tranzitoriu nr. 8 — variaţia temperaturii şi presiunii la pornirea cazanului din stare caldă (după 5—6 ore de la oprire cu ventilare).

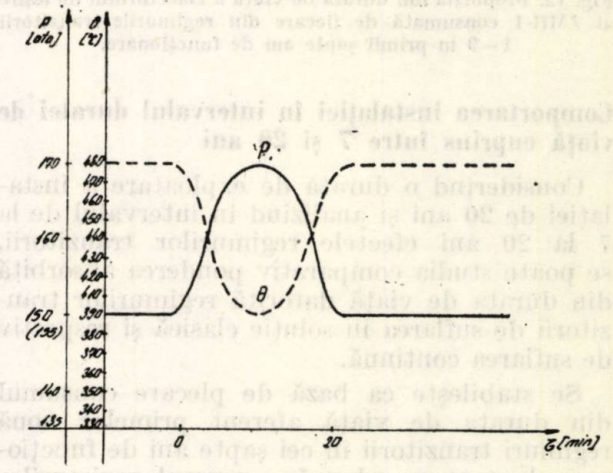


Fig. 11. Regimul tranzitoriu nr. 9 — variaţia temperaturii şi presiunii în timpul variaţiilor periodice cu perioadă mică (20′) de la 100%—70%.

nară pornirii cazanului (stare rece) — , unde intervin numai solicitări datorită presiunii, iar cel mai dezavantajos este regimul tranzitoriu nr. 3 : variaţia de sarcină de la 100% la 35%, care prezintă solicitări termice cvasistaţionare şi de tip şoc termic, precum şi solicitări datorită presiunii.

Ca număr de cicluri, cel mai puţin periculos este regimul tranzitoriu nr. 4 — proba hidraulică —, în timp ce regimul tranzitoriu nr. 6 — — suflarea soluţie clasică —, implică $n_6 = 2{,}52 \cdot 10^4$ cicluri.

În final, pe o perioadă de şapte ani, regimul tranzitoriu nr. 6 absoarbe proporţia cea mai mare din durata de viaţă a colectorului (21%), urmînd regimul tranzitoriu nr. 9 — variaţii periodice cu perioadă mică (20 minute) între 100% şi 70%, cu 12,8% (fig. 11).

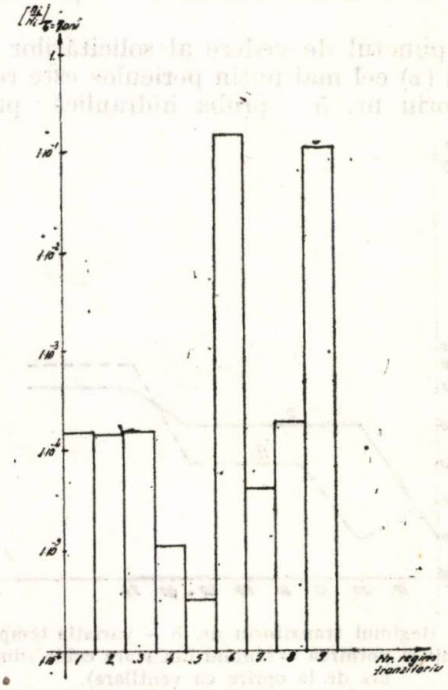


Fig. 12. Proporţia din durata de viaţă a colectorului de ieşire al ZMR-1 consumată de fiecare din regimurile tranzitorii 1—9 în primii şapte ani de funcţionare.

Comportarea instalaţiei în intervalul duratei de viaţă cuprins între 7 şi 20 ani

Considerînd o durată de exploatare a instalaţiei de 20 ani şi analizînd în intervalul de la 7 la 20 ani efectele regimurilor tranzitorii, se poate studia comparativ ponderea absorbită din durata de viaţă datorită regimurilor tranzitorii de suflarea în soluţie clasică şi respectiv de suflarea continuă.

Se stabileşte ca bază de plecare consumul din durata de viaţă aferent primelor nouă regimuri tranzitorii în cei şapte ani de funcţionare, la care se adaugă consumul regimurilor tranzitorii 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 în intervalul 7—20 ani.

Pornind de la această valoare cumulativă, în intervalul de 13 ani considerat, se poate adopta fie contribuţia suflării în soluţie clasică, fie a suflării continue. Comparativ cu suflarea în soluţie clasică, suflarea continuă (regimul tranzitoriu nr. 10) conduce la efecte reduse asupra materialului instalaţiei (ε mic) ca urmare a unor variaţii de temperatură cu amplitudini mai mici [9] (fig. 13).

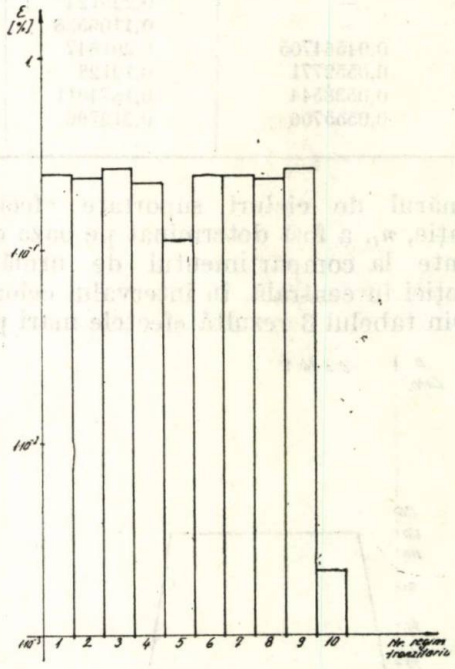


Fig. 13. Alungirea relativă totală, corespunzătoare fiecăruia dintre cele zece regimuri tranzitorii.

Frecvenţa mare a acestui regim tranzitoriu măreşte însă importanţa sa.

În tabelul 4 se prezintă cumulativ efectele regimurilor tranzitorii 1—9 asupra duratei de viaţă pe primii şapte ani şi eventualele efecte ale acestora (comparativ suflarea soluţie clasică şi suflarea continuă) pe următorii 13 ani.

Din tabelul 4 se poate vedea că pe primii şapte ani de funcţionare regimurile tranzitorii 1—9 (mai puţin regimul 6) au consumat, potrivit legii Miner, aproximativ 12,9% din durata de viaţă, în vreme ce regimul tranzitoriu nr. 6 — suflarea soluţie clasică — absoarbe în acelaşi interval de timp încă 21%, ceea ce conduce la un total de 33,9% din durata de viaţă a instalaţiei.

Considerînd frecvenţa medie anuală a regimurilor tranzitorii 1—9, minus regimul tranzitoriu nr. 6, extinsă pe o perioadă de încă 13 ani, atunci s-ar consuma un surplus de 23,9667% din durata de viaţă totală a instalaţiei.

Adăugînd şi efectul suflării în soluţie clasică pe următorii 13 ani, valoarea amintită creşte cu 39%, ajungînd la totalul de 62,9667%. Rezultă că, adoptînd suflarea soluţie clasică pe o perioadă de 20 ani, regimurile tranzitorii

Tabelul 4

Aportul regimurilor tranzitorii 1—10 asupra duratei de viaţă a colectorului în intervalul de timp de 7; 13 şi 20 ani

Reg. tr.	$(n_i/N_i)_{\tau=7}$ ani	$(n_i)_{\tau=13}$ ani	$(n_i/N_i)_{\tau=13}$ ani
1	0,00021818181	45	0,0004090909
2	0,00021538461	52	0,00040
3	0,00021875	39	0,00040625
4	0,000012962962	5	0,0000277777
5	0,0000052	97	0,0000097
7	0,000057851239	13	0,00010743801
8	0,00031724137	86	0,00059310344
9	0,128	24960	0,23771428
$\left(\sum_{i=1}^{5}\frac{n_i}{N_i}+\sum_{i=7}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=7 \text{ ani}}=$		$\left(\sum_{i=1}^{5}\frac{n_i}{N_i}+\sum_{i=7}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=13 \text{ ani}}=$	
$=0{,}1290455711$		$=0{,}23966768$	
6	0,21	46800	0,39
$\left(\sum_{i=1}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=7 \text{ ani}}=$		$\left(\sum_{i=1}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=13 \text{ ani}}=$	
$=0{,}3390455711$		$=0{,}62966768$	
$\left(\sum_{i=1}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=20 \text{ ani}}=0{,}968713251$			
$\left(\sum_{i=1}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=7 \text{ ani}}+\left(\sum_{i=1}^{5}\frac{n_i}{N_i}+\sum_{i=7}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=13 \text{ ani}}=$			
$=0{,}5787132511$			
10	—	561600	0,0005616
$\left(\sum_{i=1}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=7 \text{ ani}}+\left(\sum_{i=1}^{5}\frac{n_i}{N_i}+\sum_{i=7}^{9}\frac{n_i}{N_i}\right)_{\tau=13 \text{ ani}}+$			
$+\left(\frac{n_{10}}{N_{10}}\right)_{\tau=13 \text{ ani}}=0{,}5792748511$			

1—9 conduc la un consum de 96,87% din durata de viaţă a instalaţiei, ceea ce reprezintă o valoare normală pentru un element de cazan bine calculat.

Trecînd la suflarea continuă, aceasta consumă în 13 ani numai 0,05616 % din durata de viaţă a instalaţiei (vezi fig. 14).

Însumînd ponderea din durata de viaţă absorbită de regimurile tranzitorii 1—9 în timp de şapte ani cu cea consumată în timp de 13 ani de regimurile tranzitorii 1—10 (mai puţin regimul tranzitoriu nr. 6), se obţine un consum total de 57,927485% din durata de viaţă, ceea ce corespunde unei reduceri cu 59,7838% faţă de cazul în care s-ar merge în continuare pe soluţia suflare clasică.

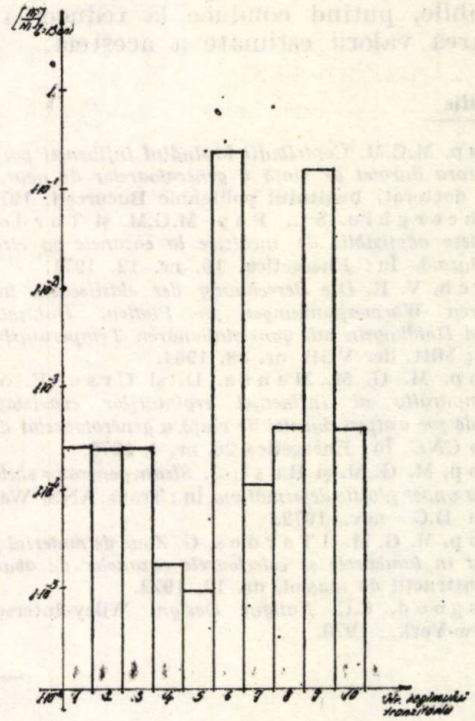


Fig. 14. Proporţia din durata de viaţă a colectorului de ieşire al ZMR—1 consumată de fiecare din regimurile tranzitorii 1—10 pe perioada de la 7 la 20 ani.

Efectele economice ale introducerii acestei noi soluţii au fost prezentate în lucrările [9] şi [15].

Concluzii

1. Înlocuirea suflării în soluţie clasică cu suflarea continuă la cazanul P—55 de 660 t/h, 140 kgf/cm², 550°C conduce la obţinerea unei rezerve de efort mai mare în timpul de funcţionare a instalaţiei, pentru colectorul de ieşire al zonei de medie radiaţie 1 (ZMR—1), întrucît prima metodă conduce la o valoare apropiată de limită (100%), calculată, a duratei de viaţă, în vreme ce cea de-a doua depăşeşte uşor 50% din aceasta.

2. Ţinînd seama de experienţa acumulată, se poate aprecia că rezultate asemănătoare se pot obţine şi pentru celelalte elemente sub presiune ale instalaţiei, conchizînd că introducerea suflării continue este avantajoasă din punctul de vedere al stării de eforturi a cazanului P—55.

3. Calculele s-au desfăşurat pentru valori medii ale constantelor şi pe curbele medii de variaţie ale diferitelor mărimi. Rezultatele oferă o bună aproximare a stadiului de uzură al materialelor, precum şi a rezervelor de efort disponibile în următorii ani de funcţionare.

4. Modificarea parametrilor de funcţionare ai instalaţiei şi/sau a frecvenţei ciclurilor considerate, precum şi apariţia altor regimuri tranzitorii aduc schimbări asupra duratei de viaţă disponibile, putînd conduce la reducerea sau majorarea valorii estimate a acesteia.

Bibliografie

[1] Pop, M.G.M. *Contribuţii la studiul influenţei pornirilor asupra duratei de viaţă a generatoarelor de abur.* Teză de doctorat, Institutul politehnic Bucureşti, 1976.

[2] Gheorghiu, St., Pop, M.G.M. şi Tardoş, G. *Viteze admisibile de încălzire la cazanele cu circulaţie naturală.* În: Energetica, 19, nr. 12, 1971.

[3] Pich, V. R. *Die Berechnung der elastischen, instationären Wärmespannungen in Platten, Hohlzylindern und Hohlkugeln mit quasistationären Temperaturfeldern.* În: Mitt. der VGB, nr. 88, 1964.

[4] Pop, M. G. M., Manea, D. şi Ursu, E. *Studiul comparativ al influenţei regimurilor cvasistaţionare şi de şoc asupra duratei de viaţă a generatoarelor de abur din CNE.* În: Energetica 26, nr. 4, 1978.

[5] Pop, M. G. M. şi Rust, J. *Steam generator shell behavior under plastic deformation.* În: Trans. ANS, Washington D.C., nov. 1972.

[6] Pop, M. G. M. şi Tardoş, G. *Zone de material plastifiat în tamburele şi colectoarele cazanelor de abur.* În: Construcţii de maşini, nr. 12, 1972.

[7] Osgood, C.C. *Fatigue Design.* Wiley-Interscience, New-York, 1970.

[8] Pop, M. G. M., Ursu, E. şi Manea, D. *Probabilistic approach to steam generator design life for some transients.* În: Trans. ANS, Washington D.C., nov. 1976.

[9] Pop, M. G. M., Ursu, E. şi Manea, D. *Evaluarea probabilistică a efectului pulsaţiilor de temperatură cu amplitudini mici şi frecvenţă mare asupra duratei de viaţă a colectoarelor cazanelor de abur.* În: Energetica, 26, nr. 3, 1978.

[10] Wellinger, K., Schoch, W. şi Kragelh, C. *The influence of thermal stresses in the design of boiler drums.* În: Proceedings of the International Conference on Thermal Stress and Thermal Fatigue, CEGB, Berkeley Nuclear Laboratories, sept. 1969.

[11] Pop, M. G. M., Manea, D., Ursu, E. şi Manea, N. *Metodă şi cod de calcul pentru determinarea influenţei regimurilor tranzitorii asupra duratei de viaţă a generatoarelor de abur din CNE.* În: Energetica, 24, nr.10, 1976.

[12] Postelnicescu, M. ş.a. *Cazane de abur şi recipiente sub presiune. Îndrumător.* Editura tehnică, Bucureşti, 1964.

[13] * * * Norme DIN 17175.

[14] Ledinegg, M. *Dampferzeugung, Dampfkessel, Feuerungen einschlieplich Atomreaktoren.* Springer-Verlag, Wien, 1966.

[15] Pillat, D.V., Pop, M. G. M., Ursu, E. şi Manea, D. *Studiul posibilităţii efectuării unei suflări continue a suprafeţelor de schimb de căldură ale cazanelor grupurilor de 220 MW de la CTE Mintia.* Studiu ICEMENERG, Bucureşti, 1977.

(Articol intrat în redacţie la 4 octombrie 1977)

Regimul deformant — efect secundar în regimurile de compensare a puterii reactive la un consumator industrial

Dr. ing. **H. Cristea**
şi ing. **I. Fecioru***

Printre măsurile eficiente de reducere a consumului propriu tehnologic în transportul şi distribuţia energiei electrice se înscrie şi micşorarea vehiculării energiei reactive în reţele, prin compensarea acesteia cît mai aproape de locul de consum [7].

La consumatorii industriali, compensarea puterii reactive se face de regulă cu baterii de condensatoare statice fixe, reglabile în trepte sau cu reglaj continuu [5], [8].

Regimul de compensare (spre şi peste cos φ neutral), prin comutarea treptelor bateriilor de condensatoare, conduce la fenomene secundare, dintre care se menţionează deformarea undei de tensiune şi de curent [3].

Regimul deformant are ca efecte [1], [2]:

— pierderi suplimentare de energie în elementele componente ale reţelei;

— supraîncărcarea şi fenomene de rezonanţă la condensatoare;

— erori la aparatele de măsură, control şi înregistrare;

— acţionări false în circuitele de protecţie şi automatizări.

Aceste efecte impun studierea naturii şi mărimii regimului deformant [2], [4], respectiv adoptarea unor măsuri practice care să reducă sau chiar să elimine regimul deformant.

Analiza armonică a undei de tensiune şi de curent

Pentru a putea analiza numai regimul deformant ca efect secundar în regimurile de compensare a puterii reactive [3], s-a ales un consumator industrial (din ramura industriei uşoare) care în condiţii de funcţionare nu prezintă deformări ale undei de tensiune şi de curent (datorate tipului de instalaţii receptoare utilizate) [3].

Consumatorul menţionat funcţionează la joasă tensiune, fiind alimentat de o staţie electrică de transformare de 5/0,4 kV, prin intermediul unui feeder, din reţeaua de distribuţie a sistemului energetic.

Determinările experimentale au constat din crearea unor regimuri de compensare diferite ca valoare pe partea de joasă tensiune şi oscilografierea undei de tensiune şi de curent, atît pe bara de joasă tensiune (0,4 kV), cît şi pe partea de medie tensiune (5 kV).

*) Dr. ing. H. Cristea este cercetător ştiinţific principal gr. II iar ing. I. Fecioru cercetător ştiinţific, ambii în cadrul ICEMENERG.

La joasă tensiune s-a înregistrat tensiunea pe faza R (U_{R-0}) şi curentul pe faza R (I_R).

La medie tensiune, nefiind accesibil nulul la reductorul de tensiune, s-a înregistrat tensiunea între fazele R şi T (U_{R-T}) şi curentul pe faza R (I_R).

Formele de undă ale tensiunii şi ale curentului pe partea de joasă tensiune se pot studia din înregistrările oscilografiate, prezentate în figurile 1—4.

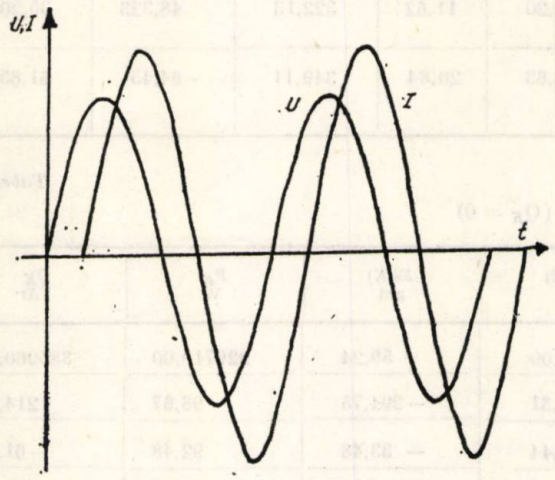


Fig. 1. Regimul de funcţionare fără compensare ($Q_K = 0$).

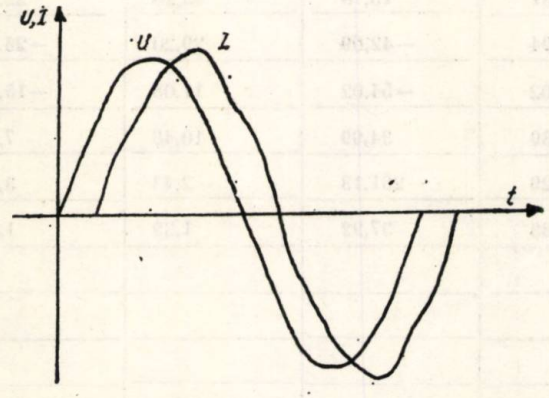


Fig. 2. Regimul de compensare cu conectarea a două trepte de baterii de condensatoare ($Q_K = 200$ kVAr).

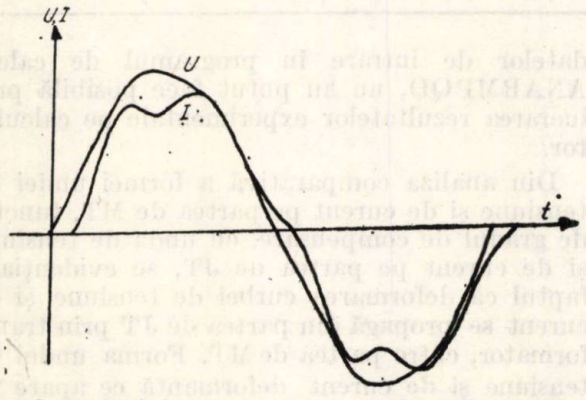


Fig. 3. Regimul de compensare cu conectarea a patru trepte de baterii de condensatoare ($Q_K = 400$ kVAr).

Din prelucrarea măsurătorilor şi înregistrărilor efectuate, au fost obţinute şi completate datele de intrare în programul de calcul specializat [2] intitulat ANARMPQD (Analiza armonică şi calculul puterilor activă P, reactivă Q şi deformantă D).

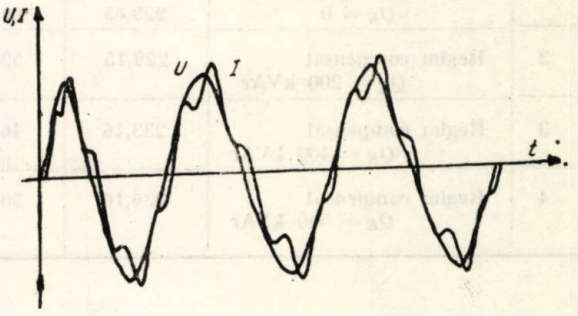


Fig. 4. Regimul de compensare cu conectarea a cinci trepte de baterii de condensatoare ($Q_K = 500$ kVAr).

Rezultatele calculului sînt date sub formă de tabele cuprinzînd o serie de indicatori ai regimului deformant, după cum urmează:

- U — valoarea efectivă a undei de tensiune;
- I — valoarea efectivă a undei de curent;
- δ_U — coeficientul de distorsiune pentru unda de tensiune, reprezentînd raportul dintre reziduul deformant şi valoarea efectivă a undei de tensiune;
- δ_I — idem, pentru unda de curent;
- P — puterea activă totală;
- Q — puterea reactivă totală;
- D — puterea deformantă totală;
- $UE(K)$ — valoarea efectivă a tensiunii armonicii de ordin K;
- $UP(K)$ — valoarea tensiunii armonicii de ordin K, în procente din fundamentală;
- $IE(K)$ şi $IP(K)$ — idem, pentru curent;
- $Fi(K)$ — unghiul dintre tensiune şi curent pentru armonica de ordin K;
- P_K, Q_K — puterea activă şi reactivă pe armonica de ordin K.

La joasă tensiune

Din rezultatele obţinute prin calcule, corespunzătoare celor patru regimuri analizate, s-au extras o serie de indicatori globali ce caracterizează deformarea undei de tensiune şi de curent, odată cu creşterea gradului de compensare şi în special în domeniul supracompensării. Aceşti indicatori sînt prezentaţi în tabelul 1.

Analiza armonică detaliată a formei undei de tensiune şi de curent, respectiv amplitudinile, fazele şi puterile P, Q pe armonici, funcţie de gradul de compensare, sînt prezentate în tabelele 2—5.

Tabelul 1

Indicatori globali ai regimului deformant

Nr. crt.	Regimul	U V	I A	δU %	δI %	P kW	Q kVAr	D kVAd
1	Regim necompensat $Q_K = 0$	225,65	664,45	3,25	4,29	230,05	386,11	17,551
2	Regim compensat $Q_K = 200$ kVAr	229,15	536,37	3,17	5,61	293,67	222,27	17,803
3	Regim compensat $Q_K = 400$ kVAr	233,16	468,40	3,20	11,62	322,13	48,323	35,208
4	Regim compensat $Q_K = 500$ kVAr	236,16	508,64	6,63	20,84	349,11	−64,45	61,85

Tabelul 2

Regim necompensat ($Q_K = 0$)

Ord. arm. K	$UE(K)$ V	$UP(K)$ %	$IE(K)$ A	$IP(K)$ %	$Fi(K)$ grd	P_K W	Q_K VAr
1	225,53	100,00	663,84	100,00	59,24	229710,00	385960,00
2	5,12	2,29	15,33	2,31	−294,75	98,67	214,02
3	2,28	1,01	16,19	2,44	− 33,48	92,48	−61,17
4	0,65	0,29	4,27	0,64	199,51	−4,09	7,23
5	2,66	1,18	12,03	1,81	13,70	93,20	22,71
6	2,08	0,92	6,28	0,94	−42,09	29,20	−26,29
7	0,93	0,41	6,74	1,02	−54,02	11,08	−15,25
8	1,62	0,72	2,62	0,39	34,99	10,48	7,33
9	0,66	0,28	1,95	0,29	−231,13	−2,43	3,01
10	0,26	0,11	2,20	0,33	37,22	1,39	1,06
11							
12							
13							
14							
15							

Extrasele din rezultatele de calcul au fost prezentate pentru armonici pînă la ordinul K = 10, peste această valoare rezultatele fiind nesemnificative (în cazul acestui consumator).

La medie tensiune

Pe partea de medie tensiune (5 kV), datorită conexiunilor existente la grupul de măsură nu s-a putut înregistra tensiunea pe fază, ci numai tensiunea între fazele R și T, respectiv curentul pe faza R. Aceste mărimi, nefiind în concordanță cu condițiile ce se impun datelor de intrare în programul de calcul ANARMPQD, nu au putut face posibilă prelucrarea rezultatelor experimentale pe calculator.

Din analiza comparativă a formei undei de tensiune și de curent pe partea de MT, funcție de gradul de compensare, cu unda de tensiune și de curent pe partea de JT, se evidențiază faptul că deformarea curbei de tensiune și de curent se propagă din partea de JT prin transformator, către partea de MT. Forma undei de tensiune și de curent deformantă ce apare pe partea de MT, în unele cazuri, diferă de forma

Tabelul 3

Regim compensat cu două trepte cuplate (Q_K = 200 kVAr)

Ord. arm. K	$UE(K)$ V	$UP(K)$ %	$IE(K)$ A	$IP(K)$ %	$Fi(K)$ grd	P_K W	Q_K VAr
1	229,04	100,00	535,53	100,00	37,16	293230,00	222290,00
2	4,41	1,92	13,29	2,84	27,88	155,49	82,28
3	2,27	0,99	16,06	2,99	35,33	89,23	63,26
4	1,78	0,78	2,91	0,54	19,49	14,64	5,18
5	3,26	1,42	14,83	2,77	−39,91	111,30	−93,11
6	0,52	0,22	0,78	0,15	−16,42	1,17	−0,34
7	2,32	1,01	14,38	2,68	296,91	45,29	−89,22
8	0,58	0,25	2,68	0,50	47,41	3,18	3,46
9	0,54	0,23	0,50	0,09	53,55	0,48	0,65
10	0,50	0,24	0,90	0,17	91,36	−0,03	1,36
11							
12							
13							
14							
15							

Tabelul 4

Regim compensat cu patru trepte cuplate (Q_K = 400 kVAr)

Ord. arm. K	$UE(K)$ V	$UP(K)$ %	$IE(K)$ A	$IP(K)$ %	$Fi(K)$ grd	P_K W	Q_K VAr
1	233,04	100,00	465,22	100,00	8,66	321530,00	49000,00
2	3,47	1,49	8,33	1,79	8,34	85,89	12,60
3	1,80	0,77	14,32	3,08	−128,86	−48,61	−60,34
4	1,42	0,61	5,34	1,15	−3,88	22,68	−1,54
5	5,39	2,31	49,97	10,74	−48,05	540,10	−600,99
6	0,65	0,28	4,99	1,07	−73,54	2,76	−9,33
7	0,98	0,42	10,70	2,30	−136,95	−22,94	−21,43
8	1,08	0,46	2,18	0,47	−23,73	6,46	−2,84
9	0,47	0,20	1,93	0,41	348,49	2,66	−0,54
10	0,66	0,28	0,93	0,20	11,50	1,80	0,36
11							
12							
13							
14							
15							

Tabelul 5

Regim compensat cu cinci trepte cuplate (Q_K = 500 kVAr)

Ord. arm. K	$UE(K)$ V	$UP(K)$ %	$IE(K)$ A	$IP(K)$ %	$Fi(K)$ grd	P_K W	Q_K VAr
1	235,64	100,00	497,47	100,00	−10,24	346070,00	−62537,00
2	12,79	5,42	39,19	7,88	−7,57	1490,40	−197,97
3	3,72	1,58	25,26	5,08	−55,85	158,32	−233,37
4	2,36	1,00	31,48	6,33	−9,26	220,22	−35,90
5	6,99	2,97	82,22	16,53	−52,19	1057,30	−1362,80
6	1,79	0,76	32,92	6,62	329,16	152,56	−91,07
7	1,23	0,52	9,05	1,82	169,33	−32,89	6,08
8	0,44	0,18	7,12	1,43	−292,97	4,28	8,31
9	1,19	0,47	3,08	0,62	119,94	−5,11	8,87
10	1,38	0,59	1,34	0,27	−62,07	2,60	−4,91
11							
12							
13							
14							
15							

existentă pe partea de JT, ca urmare a reţinerii armonicilor de ordin 3 şi multiplu de 3, de către transformator, cînd are un bobinaj terţiar legat în triunghi deschis [1].

Concluzii

a) Regimul de compensare a puterii reactive cu ajutorul bateriilor de condensatoare, reglabile în trepte, influenţează forma undei de tensiune şi de curent, la consumatorul analizat, fenomenul accentuîndu-se odată cu tendinţa de supracompensare.

b) Analiza armonică a formei undei de tensiune şi de curent arată că atît pe partea de JT, cît şi pe partea de MT, unda de tensiune şi de curent se deformează la conectarea bateriei de condensatoare astfel:

— pentru 2 trepte:

$$\delta_U = 3{,}17\% \quad \text{şi} \quad \delta_I = 5{,}61\%$$

— pentru 4 trepte:

$$\delta_U = 3{,}20\% \quad \text{şi} \quad \delta_I = 11{,}62\%$$

— pentru 5 trepte:

$$\delta_U = 6{,}63\% \quad \text{şi} \quad \delta_I = 20{,}84\%$$

Se constată că în ultimul caz (regim supracompensat), coeficientul de distorsiune al undei de tensiune depăşeşte valorile normate ($\delta_U \leqslant \leqslant 5\%$) în conformitate cu PE-124/72 [6].

c) Deformarea undei de tensiune şi de curent datorită regimului de compensare şi mai ales celui de supracompensare, cu baterii de condensatoare, pe partea de JT, se propagă în partea de MT şi conduce la creşterea consumului propriu tehnologic de energie electrică în reţele.

d) Din analiza rezultatelor obţinute se constată că amplitudinile armonicilor superioare ale undei de tensiune şi de curent, precum şi puterea deformantă sînt diferite, funcţie de gradul de compensare.

e) Se recomandă funcţionarea unui consumator industrial în regim de compensare cu baterii de condensatoare reglabile în trepte ca fiind necesară şi utilă din punctul de vedere al ameliorării factorului de putere, cu menţiunea că aceasta trebuie făcută după determinări experimentale, în special pentru regimul de *supracompensare.*

Bibliografie

[1] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii*, vol. I, .II, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1974.

[2] * * * *Studiu privind reducerea efectelor regimului deformant asupra receptoarelor electrice şi a instalaţiilor sistemului energetic şi ameliorarea factorului de putere la consumatori cu receptoare de regim deformant.* ICEMENERG, Bucureşti, lucrarea 3167/1973.

[3] * * * *Analiza armonică a undei de curent şi de tensiune pe partea de medie tensiune şi joasă tensiune a unui consumator industrial.* ICEMENERG, Bucureşti, lucrarea 79129/1978.

[4] * * * *Determinarea naturii şi mărimii regimului deformant şi a caracteristicilor curbei zilnice de putere activă şi reactivă în vederea stabilirii regimului de compensare pentru staţiile 110/6 kV I.R.E. Braşov.* ICEMENERG, Bucureşti, lucrarea 1381/1977.

[5] * * * *Realizarea de surse statice de putere reactivă reglabile cu tiristoare şi a tehnologiei de utilizare a acestora în regim de compensator.* ICEMENERG + ICPE, Bucureşti, lucrarea 5411/1977.

[6] * * * *Normativ privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali şi similari.* PE—124/72.

[7] Cristea, H. ş. a. *Studiu privind măsurile de reducere a consumului propriu tehnologic pentru transportul şi distribuţia energiei electrice.* ICEMENERG, Bucureşti, lucrarea 5437/1977.

[8] Bâlă, C. *Compensarea regimului deformant la instalaţii de redresoare echipate cu baterii de condensatoare.* Studii şi cercetări în energetică şi electrotehnică, vol. II, 1963.

(Articol intrat în redacţie la 15 mai 1978)

Protecţia instalaţiilor de condensatoare-derivaţie de medie tensiune

Dr. ing. **A. Cristovici**
şi ing. **H. Gritsch***)

Compensarea energiei reactive în reţelele de distribuţie de medie tensiune din sistemul energetic al R.S.R. prin baterii de condensatoare-derivaţie a luat o amploare deosebită în ultimii ani. Astfel, dacă în anul 1977 erau instalaţi circa 200 MVAr, în 1980 această putere se va ridica la circa 1200 MVAr.

În vederea funcţionării sigure, bateriile de condensatoare trebuie echipate cu instalaţii de protecţii prin relee corespunzătoare. Cum condensatoarele pot fi deteriorate datorită supratensiunilor, supracurenţilor, scurtcircuitelor interne, protecţia prin relee trebuie să selecteze aceste defecte.

Pentru a face faţă solicitărilor reţelei de distribuţie, condensatoarele sînt dimensionate astfel încît să poată funcţiona timp nelimitat:

— cu o tensiune efectivă între borne care să nu depăşească 1,1 U_n;

— cu un curent a cărui valoare efectivă să nu depăşească 1,3 I_n, calculat la tensiunea sinusoidală nominală şi frecvenţa nominală.

În acest sens este necesar ca protecţia prin relee să asigure deconectarea bateriei la atingerea acestor valori-limită.

Bateria de condensatoare se poate realiza cu:

— condensatoarele conectate în triunghi (fig. 1);

— condensatoarele conectate în stea.

Conexiunea în stea se poate realiza în simplă stea (fig. 2) şi dublă stea (fig. 3).

Alegerea modului de conexiune depinde, pe de o parte, de adaptarea tensiunii unităţilor de condensatoare la tensiunea reţelei, iar pe de altă parte de modul cum se asigură protecţia prin relee la defecte interne.

Astfel, la conexiunea în triunghi a condensatoarelor, protecţia împotriva defectelor interne este complexă, necesitînd un număr sporit de transformatoare de măsură şi relee de protecţie sau renunţarea la protecţia împotriva defectelor interne şi adoptarea unor condensatoare cu siguranţe incluse.

Conexiunea în simplă stea are, de asemenea, aceleaşi dezavantaje; în plus există pericolul

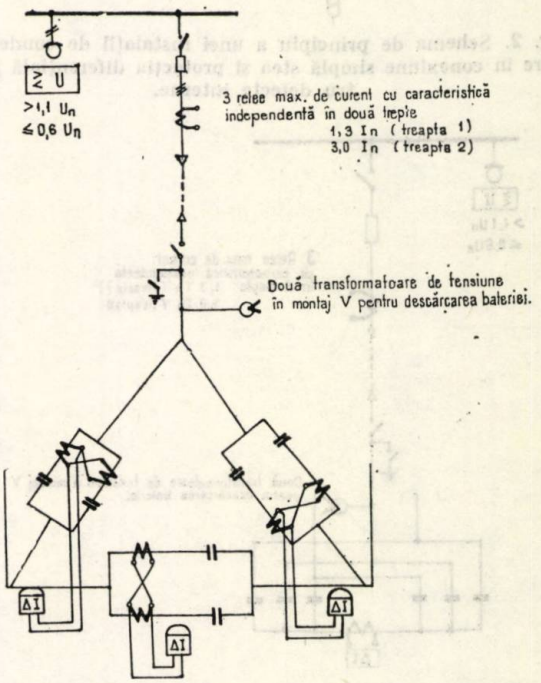


Fig. 1. Schema de principiu a unei instalaţii de condensatoare montate în triunghi şi protecţia diferenţială pentru defecte interne.

apariţiei unor fenomene de rezonanţă în circuitul L—C format între baterie şi transformatorul de tensiune (sau releul de tensiune), montat în punctul neutru al bateriei pentru realizarea protecţiei împotriva defectelor interne prin sesizarea deplasării punctului neutru.

Conexiunea în dublă stea cu neutrul izolat al bateriei prezintă avantajul că, în cazul unor

*) Dr. ing. A. Cristovici este şeful Colectivului regimuri speciale din ISPE; ing. H. Gritsch este inginer proiectant principal în cadrul aceluiaşi colectiv.

nesimetrii în rețea, bateria nu intervine. Protecția împotriva defectelor interne se realizează prin sesizarea unui curent de dezechilibru, care circulă prin legătura între neutrele celor două stele în cazul în care cele două ramuri ale bateriei nu sînt perfect echilibrate.

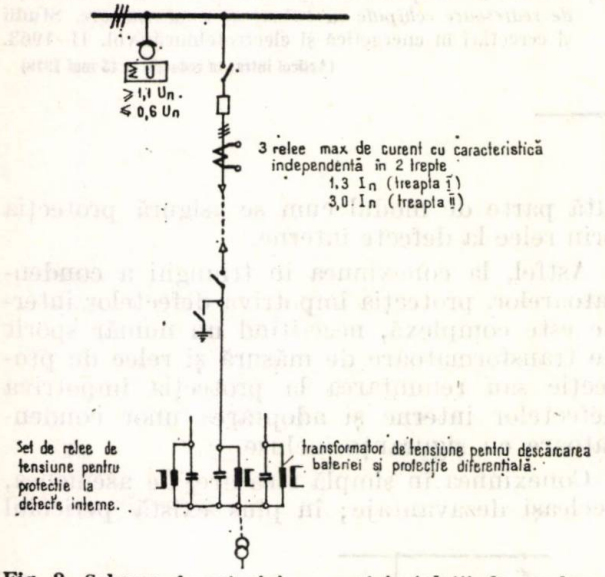


Fig. 2. Schema de principiu a unei instalații de condensatoare în conexiune simplă stea și protecția diferențială pentru defecte interne.

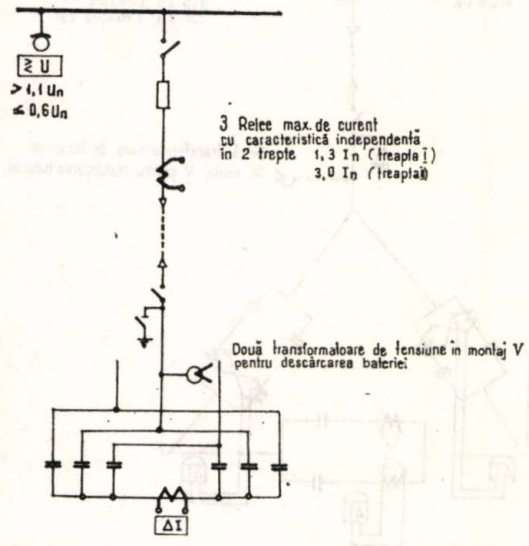


Fig. 3. Schema de principiu a unei instalații de condensatoare în dublă stea și protecția diferențială pentru defecte interne.

De regulă, în rețelele electrice cu neutrul izolat sau prevăzute cu bobină de compensare a curenților de punere la pămînt se utilizează baterii cu neutrul izolat (soluția cu dublă stea, care permite și asigurarea protecției împotriva defectelor interne). Utilizarea unor baterii cu neutrul legat la pămînt (prin releu de tensiune sau transformator de tensiune) prezintă pericolul ca, în cazul unor puneri la pămînt, tensiunea la care sînt supuse condensatoarele pe fazele sănătoase să depășească valorile admisibile pentru condensatoare, iar curentul capacitiv al bateriei (cu neutrul legat la pămînt) să se suprapună peste curentul capacitiv al rețelei, ceea ce mărește solicitările bobinelor de stingere.

1. Protecția instalațiilor de condensatoare

O bună protecție trebuie să fie eficace pe de o parte, iar pe de altă parte să încarce cît mai puțin posibil costul instalației de condensatoare. Este de dorit ca durata de întreținere să fie redusă, astfel ca bateriile de condensatoare să rămînă în funcțiune cît mai mult posibil.

Ținînd seama de aceste condiții, protecția instalațiilor de condensatoare se împarte în următoarele categorii:

— *protecție de bază*: pentru defecte interne în condensatoare și protecția maximală de curent împotriva scurtcircuitelor în celula de condensatoare;

— *protecție de rezervă*: de tensiune maximă și suprasarcină;

— *protecție specială*: de minimă tensiune.

1.1. *Protecția de bază a bateriilor de condensatoare*

Protecția la defecte interne în condensator

Defectele interne în condensator se datoresc străpungerii unui element din condensator, străpungere care poate duce la explozia carcasei condensatorului. Se menționează că, în cazul scurtcircuitării unui element dintr-un condensator, restul elementelor sînt suprasolicitate din punctul de vedere al modificării repartiției tensiunii.

Pentru protecția la defecte interne se utilizează fie siguranțe interne pe fiecare element al condensatorului, fie relee de protecție, care să sesizeze acest gen de defect.

Cum arderea siguranțelor de pe un element este greu sesizabilă de către personalul de exploatare (numai prin măsurători periodice ale capacității unităților), ceea ce necesită retragerea din exploatare repetată a instalației, se preferă o protecție prin relee.

Pînă nu de mult s-a utilizat o protecție diferențială de tensiune. În această soluție, prin instalația de protecție se măsura deplasarea punctului neutru la deteriorarea unui condensator. S-a renunțat la această protecție, deoarece releul de o construcție specială la depășirea tensiunii de 100 V amorsa fenomenul de ferrorezonanță.

Protecția maximală de curent care se utilizează în prezent este montată pe legătura între cele două stele.

Străpungerea unui element dintr-un condensator din cele două stele este sesizată în exte-

rior de către protecţia diferenţială, care se bazează pe inegalitatea curenţilor din cele trei faze ale bateriei. Deci, dacă un element este scurtcircuitat, toată grupa căreia îi aparţine este pusă în scurtcircuit, conducînd la circulaţia unui curent între cele două puncte neutre.

Se cere, însă, ca înainte de montarea protecţiei să se verifice nesimetria iniţială care există în regim normal pe legătura dintre cele două neutre ale bateriei, ca rezultat al diferenţelor constructive ale condensatoarelor. Se grupează astfel condensatoarele încît să se realizeze un dezechilibru care să fie cel mult egal cu cel care ar exista dacă toate condensatoarele, în afară de unul, ar avea o capacitate egală cu C_n, iar unul singur $C_n = +10\%$.

Considerînd că un condensator este constituit dintr-un număr p de grupe de elemente în serie, iar g număr de grupe de elemente sînt în scurtcircuit, clacarea unui element produce o variaţie a capacităţii

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{g}{p-g}$$

Curentul din releu care circulă pe legătura între cele două stele, în funcţie de numărul de elemente clacate, se poate determina prin relaţia

$$i_r = \frac{I_n}{2} \cdot \frac{g}{p-g}$$

Din această relaţie se vede că valoarea curentului care apare în conductorul de nul în cazul străpungerii unui element este practic constantă pentru tensiunea dată a reţelei şi independentă de puterea bateriei conectate şi depinde numai de curentul nominal al unităţii, uşurînd reglajul protecţiei.

Pentru bateriile cu dublă stea se pot adopta următoarele reglaje ale protecţiei:

- curent de dezechilibru iniţial = $0{,}05\ I_n$, pentru un dezechilibru de capacitate de $+10\%$;
- nivel de declanşare = $0{,}1\ I_n$
- i_r — curentul prin releu $\geqslant 0{,}2\ I_n$

Se poate prevedea şi un element de temporizare de ordinul 0,3 s, pentru evitarea declanşărilor intempestive în cazul unor fenomene tranzitorii nesimetrice.

Protecţia maximală de curent

Protecţia împotriva supracurenţilor din instalaţiile de condensatoare este asigurată prin relee maximale de curent cu caracteristică independentă, în două trepte (de bază şi rezervă), temporizată.

Protecţia maximală de curent împotriva scurtcircuitelor în celulă. Scurtcircuite în celulă pot să apară la conexiuni şi în aparatele dintre întreruptor şi bornele bateriei.

Releele maximale de curent sînt alimentate de la transformatoarele de curent din circuitul primar. Curentul de reglaj este cuprins între $2{,}5-3\ I_n$ al bateriei. Temporizarea se adoptă între 0,2—0,5 s, iar sensibilitatea protecţiei se asigură cu un coeficient de sensibilitate $K_S = 1{,}5$, evitîndu-se deconectările în regimul tranzitoriu al bateriei la conectare.

2. Protecţia de rezervă a instalaţiilor de condensatoare

2.1. *Protecţia maximală de tensiune*

Această protecţie protejează bateria de condensatoare împotriva supratensiunilor accidentale, care pot să apară în reţea şi care pot afecta, datorită condiţiilor constructive (nulul izolat), condensatoarele. Condensatoarele sînt elemente sensibile la creşterea excesivă a tensiunii. Puterea unui condensator creşte proporţional cu pătratul tensiunii. Dacă tensiunea creşte cu 10% peste valoarea nominală a tensiunii bateriei de condensatoare, aceasta trebuie deconectată de la reţea.

Protecţia maximală de tensiune se realizează prin trei relee maximale de tensiune, ale căror contacte se leagă în paralel.

Alimentarea releelor se face de la transformatoarele de tensiune din celula de măsură a barei de medie tensiune la care se conectează bateria.

Tensiunea de reglaj se determină conform relaţiei:

$$U_{reglaj} = \frac{K_{sig}}{K_{rev}}\ 1{,}1\ U_n = 1{,}42\ U_n \qquad \begin{matrix} K_{sig} = 1{,}1 \\ K_{rev} = 0{,}85 \end{matrix}$$

Temporizarea se alege între $1 \div 5$ s, cel puţin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare a protecţiei din staţie.

2.2. *Protecţia maximală de curent*

Treapta a II-a a protecţiei maximale de curent (din cadrul protecţiei de bază) este o protecţie de rezervă ce acţionează la suprasarcină.

Aceste suprasarcini pot fi provocate de depăşirea tensiunii nominale a condensatoarelor sau de armonicile de ordin superior.

Reglajul se face pentru $1{,}3\ I_n$, cu o temporizare de $1 \div 5$ s, cel puţin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare a protecţiei din staţie.

3. Protecția specială a bateriilor de condensatoare

Conectarea la rețea a unei baterii încărcate poate conduce la creșteri periculoase ale curentului de anclanșare, asupra echipamentului.

În scopul evitării deteriorării echipamentelor din stațiile prevăzute cu AAR și cu instalații de baterii de condensatoare, s-a prevăzut o protecție de minimă tensiune care să comande deconectarea bateriei de condensatoare în pauza de AAR.

Protecția de minimă tensiune va fi prevăzută cu două relee de minimă tensiune, alimentate de la transformatoarele de tensiune din celula de măsură de pe barele de medie tensiune la care este conectată bateria de condensatoare.

Tensiunea de reglaj se va lua între $0{,}2 \div 0{,}6$ U_n cu o temporizare între $0 \div 5$ secunde, cel puțin o treaptă de timp mai mică decît pauza de AAR. În cazul unui AAR rapid prin același impuls care comandă deconectarea sursei de bază, se va comanda și deconectarea bateriei de condensatoare.

Bibliografie

[1] Grzybowski, St. *Condensatoare în electroenergetică.* Editura tehnică, București, 1966.

[2] Reizuch, H. *High-voltage capacitor. Banks and their protective equipment.* În: Siemens Review, 38, nr. 2, 1971.

[3] Guthmann, R. *Protejarea distrugerii condensatoarelor de forță la defecte.* În: ETZ-A, februarie 1972.

[4] Rabanit, A. *Contribution à l'étude de la protection des batteries de condensateurs.* În: Bull. de la Direction des Etudes et Recherches nr. 1, 1968, Seria B.

[5] Rabanit, A. și Mesmin, C. *Progrès dans l'installation et la protection de condensateurs de puissance.*

(Articol intrat în redacție la 6 aprilie 1978)

Probleme legate de încercarea celulelor și stațiilor capsulate în mediu de hexafluorură de sulf

Dr. ing. **B. Máthé**
și ing. **Gh. Gavrilă***)

1. Considerații generale

Cu toate avantajele lor tehnice și economice indiscutabile, analizate detaliat în lucrarea [1], stațiile, celulele și echipamentele capsulate în mediu de hexafluorură de sulf (SF_6) pot prezenta, în condițiile exploatării, o serie de neajunsuri, ca, de exemplu:

— scăderea nivelului de izolare datorită pierderii gazului, pătrunderii prin garnituri și depunerii pe suprafețele izolante a umezelii din aer și degradării acestor suprafețe sub acțiunea produselor de descompunere a gazului SF_6 (SF_4, SF_2, F, F_2, S, S_2, CuF_2, SOF_2, SO_2F_2, HF etc.) sau a impurităților (CF_4, $O_2 + N_2$, H_2O, HF, pulberi metalice etc.);

— explozia anvelopei metalice sau a trecerii izolate SF_6/aer sau SF_6/ulei, datorită unui arc electric intern;

— deteriorări electrice, mecanice, termice, fizico-chimice și de altă natură, ca acelea care au loc la stațiile, celulele și aparatele convenționale de înaltă și foarte înaltă tensiune.

Solicitările specifice și comune ale celulelor și stațiilor în anvelopă metalică cu hexafluorură de sulf (CHK și SHK) în condițiile exploatării, datorită factorilor interni și externi, sînt analizate detaliat în lucrările [2] și [3]. Stațiile, celulele și echipamentele componente trebuie să reziste la aceste solicitări timp îndelungat (20—30 ani) fără să se deterioreze. Această condiție este asigurată numai dacă construcțiile respective sînt supuse la probe concludente în cadrul:

— încercărilor de casă sau de dezvoltare (*D*);
— încercărilor de tip, de omologare (*T*);
— încercărilor individuale sau de control (*I*);
— încercărilor de punere în funcțiune, efectuate după montare (*PF*).

Primele trei tipuri de încercări (*D*, *T*, *I*) se execută relativ ușor în laboratoarele de înaltă tensiune și de mare putere ale fabricilor constructoare, cea de-a patra categorie de probe (*PF*) se realizează, în schimb, mult mai greu pentru a se putea respecta reglementările standardelor sau recomandărilor CEI (Publicațiile 60, 71, 517 etc.).

2. Încercări de dezvoltare (probe de casă)

În faza de asimilare a CHK și SHK, pe lîngă încercările normalizate ale echipamentelor componente (întreruptor, separatoare de bare și de linie, separator de sarcină, separator lent și rapid de legare la pămînt, transformator de curent, transformator de tensiune, descărcător) și a modulelor de treceri izolate, a modulelor de bare colectoare sau tronsoane coaxiale de racord, specificate în STAS 3686, STAS 1564, STAS 8084, STAS 4323, STAS 4324, STAS 7377, STAS 6588 și/sau în Publicațiile CEI 517, 56, 267, 427, 129, 265, 185, 186, 99, 60, 71 și 137, se propune executarea unor încercări încă nestandardizate, specificate în cele ce urmează.

2.1. *Încercarea izolației CHK și/sau SHK*

Metodele de încercare a izolației modulelor CHK și SHK trebuie să dovedească cu maximum de probabilitate următoarele:

— absența descărcărilor parțiale la tensiunea de serviciu în izolația internă;

*) Autorii sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

— imposibilitatea conturnării izolației externe și interne în condițiile de exploatare și climatice;

— etanșarea perfectă împotriva pătrunderii umezelii și a particulelor microscopice în compartimentele de gaz.

Pentru acest scop, înaintea supunerii CHK sau SHK la încercări de atestare a izolației, sînt necesare de efectuat o serie de probe pe module, legate de repartiția potențialelor (verificarea repartiției uniforme, încercarea stabilității acestei repartiții în funcție de timp, de temperatură, de diferiți factori tehnologici etc.), de rezistența materialelor la fenomenul „tracking", de rigiditatea dielectrică a izolației interne și/sau externe a subansamblurilor la conturnare (încercări sub ploaie, în ceață salină și cu zăpadă și chiciură, mai ales a trecerii izolate SF_6/aer, încercarea izolației interne în condițiile depunerilor de praf metalic pe suprafețele izolante) etc.

Se știe că rigiditatea dielectrică a izolației celulelor, în general, se verifică la tensiunea de încercare de frecvență industrială de 1 min, la impuls de tensiune cu unda STA (1,2/50 μs) și, mai nou, cu unda STC (250/2500 μs). Deteriorarea izolației la aceste probe este însoțită, în primul rînd, de fenomene disruptive, de străpungere a izolației principale (față de masă) sau longitudinale (între contactele deschise ale aparatelor de comutație, între spirele transformatoarelor de măsură etc.).

În cazul CHK și SHK însă, datorită distanțelor mici de izolare sau din cauza cîmpului electric mai uniform și intens, comportarea izolației este influențată, în primul rînd, de fenomene care se desfășoară într-un timp mai îndelungat, ca, de exemplu: descărcările parțiale, fenomenul „tracking", eroziunea electrică și fenomene fizico-chimice de degradare treptată a suprafețelor izolante. Nocivitatea acestor fenomene nu poate fi scoasă în evidență decît prin încercări de lungă durată, însoțite și de măsurarea repetată a intensității descărcărilor parțiale sau prin investigarea tendințelor ei de variație în funcție de timp și de tensiune.

Din aceste motive, la încercările de dezvoltare a izolației CHK și SHK trebuie acordată atenție deosebită unor metode de încercare care solicită izolația respectivă într-un timp mai îndelungat, ca, de exemplu, cele descrise mai jos.

Metoda A. Celula sau stația trifazată, echipată cu două rînduri de treceri izolate aer-gaz (pentru realizarea bornelor de intrare și de ieșire conform prevederilor Amendamentului nr. 1 la Publicația CEI 56—4 din dec. 1975), se supune la o solicitare de durată mai mare, combinată și cu măsurarea intensității descărcărilor parțiale.

În cadrul încercărilor, izolația căilor de curent primare față de anvelopa metalică legată la pămînt și izolația dintre contactele deschise se solicită la diferite tensiuni de frecvență industrială, aplicate în etapele următoare (fig. 1).

a) Tensiunea se ridică într-un interval de 1 min pînă la 1,25 $U_m/\sqrt{3}$ (U_m este tensiunea maximă de serviciu a rețelei sau tensiunea

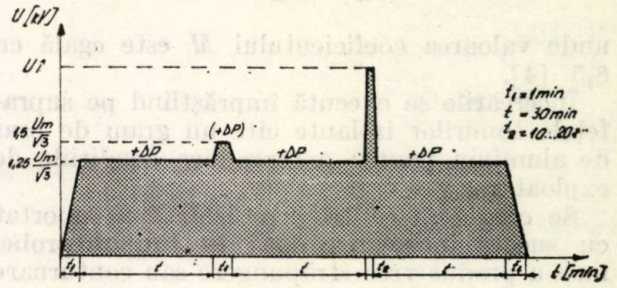


Fig. 1. Ciclu de încercare propus pentru verificarea izolației CHK sau SHK.

nominală a echipamentului, conform noului concept al CEI) și se menține la acest nivel timp de 30 min, efectuîndu-se măsurarea intensității descărcărilor parțiale (*DP*) în bandă largă și/sau îngustă, conform Publicației CEI nr. 270, la începutul și la sfîrșitul intervalului.

b) În continuare, tensiunea se ridică pînă la 1,5 $U_m/\sqrt{3}$, izolația menținîndu-se la această solicitare timp de 1 min, efectuîndu-se, dacă este posibil, și măsurări de descărcări parțiale în bandă largă și/sau îngustă.

c) Tensiunea se coboară la 1,25 $U_m/\sqrt{3}$, izolația menținîndu-se la această solicitare din nou timp de 30 min, determinîndu-se intensitatea descărcărilor parțiale, în condiții identice cu cele de la pct. a).

d) În continuare, tensiunea se ridică, pentru un interval de 10—20 s, pînă la valoarea tensiunii de încercare. În acest caz nu se face determinarea intensității descărcărilor parțiale, urmărindu-se numai lipsa străpungerii sau conturnării izolației.

e) Tensiunea este apoi coborîtă pînă la 1,25 $U_m/\sqrt{3}$, izolația menținîndu-se la această tensiune timp de 30 min, măsurîndu-se și intensitatea descărcărilor parțiale în bandă largă și/sau îngustă, în aceeași schemă și după aceeași procedură ca la pct. a) și c).

Se consideră că izolația celulei a trecut cu succes încercarea dacă nu s-au produs, la nici una dintre cele cinci etape, conturnări sau străpungeri ale izolației și dacă intensitatea descărcărilor parțiale la cele trei probe efectuate la 1,25 $U_m/\sqrt{3}$ nu arată tendințe de creștere spre sfîrșitul probei.

Metoda B. Durata de viață a izolației solide în prezența gazului SF_6 se verifică pe cale experimentală, aplicînd o tensiune mărită, U_1, un interval de timp T_1, izolației față de masă (încercarea de îmbătrînire accelerată a izolației). Valorile U_1 și T_1, în funcție de tensiunea nomi-

nală a celulei, U_m, și durata de viață nominală, T_m, se determină cu ajutorul formulei:

$$\frac{U_1}{U_m} = \left(\frac{T_1}{T_m}\right)^{-\frac{1}{M}},$$

unde valoarea coeficientului M este egală cu 8,5 [4].

Încercările se execută împrăștiind pe suprafețele conurilor izolante cîte un gram de praf de aluminiu, pentru a reproduce condițiile de exploatare.

Se consideră că trecerea izolată a suportat cu succes încercarea dacă în timpul probei nu s-a produs vreo străpungere sau conturnare a izolației.

Izolația CHK și SHK se recomandă să fie verificată, pe lîngă încercările convenționale, la ambele probe descrise mai sus, dar de preferință pe exemplare de celule și configurații de stații diferite.

2.2. *Încercarea la arc electric intern*

Cu toată experiența de exploatare favorabilă obținută pînă în prezent în alte țări și cu toate avantajele evidente ale sistemului nou de izolare în mediu de SF_6, față de construcțiile de celule tradiționale, posibilitatea străpungerilor (sau conturnărilor) la anvelopă prin arc electric nu trebuie exclusă nici în cazul CHK sau SHK.

Pe lîngă deteriorarea izolației din motivele arătate la pct. 2.1, în acest eaz arcul electric intern poate fi provocat și din cauza funcționării greșite a separatoarelor (de bare și de linie) sau a scurtcircuitoarelor (separatoarelor) de legare lentă sau rapidă la pămînt. Acest arc poate să ducă, datorită acțiunii concomitente a căldurii și presiunii crescute, la perforarea sau explozia anvelopei și, în caz extrem, la pagube materiale importante și victime omenești regretabile.

În mod normal, în instalațiile tradiționale scurtcircuitele (inclusiv cele monofazate de punere la pămînt) se lichidează prin sisteme automate de protecție adecvate (maximală, de distanță etc.). În cazul CHK și SHK se pune problema evitării perforării sau exploziei anvelopei metalice înainte ca sistemul de protecție să fi lichidat, în mod automat, scurtcircuitul respectiv. Aceasta presupune cunoașterea dependenței timpului de topire a materialului anvelopei în funcție de curentul de punere la masă.

În cazul utilizării unor supape de siguranță calibrate, este recomandabil, de asemenea, ca acestea să acționeze cu întîrziere (circa 0,5 s) după funcționarea protecției și a aparatelor de comutație în sarcina cărora cade lichidarea scurtcircuitului.

În orice caz, la alegerea metodei de încercare și la interpretarea rezultatelor obținute, trebuie avute în vedere următoarele:

— se încearcă compartimentul (compartimentele) care prezintă pericol maxim de explozie din punctul de vedere al presiunii (compartimentul de gaz cu volumul cel mai mic) și al timpului de topire (compartimentul de gaz unde peretele anvelopei are grosimeea minimă sau este confecționat dintr-un material cu temperatura de topire și/sau rezistența mecanică la rupere mai joase);

— se verifică dacă evacuarea gazelor și a metalului topit are loc sau nu în direcția în care se poate afla personalul de exploatare, ținînd seama de particularitățile constructive ale CHK și SHK;

— se ține seama de timpii de protecție utilizați în exploatare, asigurînd securitatea maximă pentru personalul de exploatare, pe coridoarele de supraveghere și de întreținere, pînă la funcționarea primei (eventual chiar celei de-a doua) trepte de reglaj a protecției (curentul maxim de scurtcircuit nu trebuie să ducă la explozie).

Pentru încercarea la arc electric intern a celulelor de tipul CHK nu există încă o reglementare pe plan internațional (CEI, CEE, CIGRE). Ținînd seamă, însă, de considerentele amintite, se propune ca proba, în cadrul încercărilor de dezvoltare, să se execute la un curent egal cu capacitatea de rupere nominală a întreruptorului (40 kA) timp de 0,3—0,5 s, la densitatea nominală a gazului SF_6, realizînd succesiv scurtcircuite galvanice, printr-un conductor subțire, în toate modulele celulei. În timpul încercării se înregistrează curentul, căderea de tensiune în arc și presiunile rapid variabile. Tensiunea de încercare trebuie să fie suficientă pentru menținerea arcului electric și să asigure forma sinusoidală normală a curentului de scurtcircuit.

Încercarea se consideră satisfăcătoare dacă la curentul indicat, de o durată dată, nu se perforează anvelopa metalică și gazul nu iese prin orificiul creat, evitîndu-se explozia.

La probele de tip, numărul compartimentelor de gaz care se supun acestor încercări se reduce considerabil ținînd seamă de experiența încercărilor de dezvoltare. În cazul existenței unei înțelegeri prealabile între constructor și beneficiar, curentul de scurtcircuit și durata acestuia pot fi alese dintre valorile practicate de o serie de firme străine, conform diagramei din figura 2.

2.3. *Verificarea rezistenței mecanice și a anduranței mecanice a compartimentelor de gaz la presiune crescută*

Compartimentele de gaz formate din anvelope metalice sudate sau turnate și din conuri izolante din rășini epoxidice trebuie să aibă o

rezistență mecanică corespunzătoare la presiunea crescută datorită arcului electric intern. Prin aceasta se împiedică exploziile spre exterior și se înlesnește, dacă este cazul, spargerea în direcție dorită a conurilor izolante (dirijarea conștientă a undei de explozie și micșorarea corespunzătoare a presiunii datorită expandării volumului compartimentului respectiv).

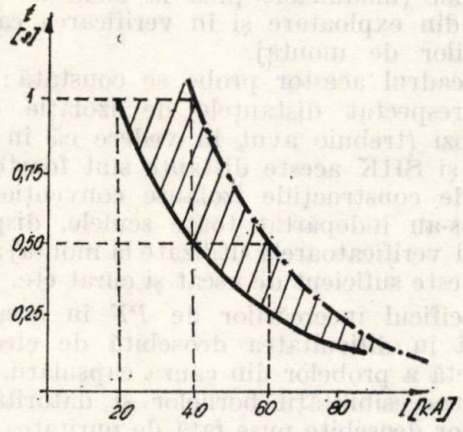


Fig. 2. Parametrii caracteristici ai rezistenței anvelopei la acțiunea arcului electric intern.

De asemenea, compartimentul de gaz trebuie să aibă o *anduranță mecanică* corespunzătoare, prin care se evită fisurile în materialul anvelopei (și pierderile corespunzătoare ale gazului în timp), „obosirea" (tasarea, pierderea elasticității) garniturilor (care, de asemenea, duce la creșterea debitului de pierderi ale SF_6), apariția unor crăpături, fisuri, alveole etc. în materialul conurilor izolante, prin care crește considerabil nivelul (intensitatea) descărcărilor parțiale.

În ceea ce privește verificarea rezistenței și anduranței mecanice a compartimentelor de gaz, ca și în cazul verificărilor la arc electric intern, nu există însă reglementări pe plan mondial. Se cunosc numai practicile unor firme străine (elveține, americane și japoneze). Conform acestor practici, rezistența mecanică a compartimentelor de gaz se verifică cu un lichid sau gaz la o presiune de încercare care poate să fie egală, de exemplu, cu 2,5—3 p_N, aplicată timp de 15 min (p_N este presiunea de lucru — maximă — a compartimentului respectiv, la temperatura maximă a mediului ambiant, care se ia ca referință la dimensionarea construcției).

Compartimentul se consideră că a trecut cu succes proba dacă în timpul încercărilor nu se produce deteriorarea anvelopei și nu se constată pierderi mărite ale lichidului sau gazului folosit la încercări.

În afară de proba menționată, pentru cercetarea rezistenței mecanice, compartimentul respectiv se recomandă să fie supus la presiunea de 5 p_N de scurtă durată (20 s), la care nu trebuie să aibă loc ruperea anvelopei.

Pentru dirijarea în direcție convenabilă a undei de explozie în caz de conturnare la masă, se prevăd două tipuri de conuri izolante: con izolant de rezistență mecanică normală și con izolant de rezistență mecanică superioară.

Presiunile de rupere, p_R, ale celor două tipuri de conuri izolante se pot verifica, de exemplu, după criteriile firmelor BBC și MICAFIL [5], conform tabelului 1.

Tabelul 1

Con izolant de rezistență mecanică normală	Presiunea exercitată spre convexitatea conului	$p_R \geq 10\ p_N$
	Presiunea exercitată spre concavitatea conului	$p_R \geq 5\ p_N$
Con izolant de rezistență mecanică superioară	Presiunea exercitată spe convexitatea conului	$p_R \geq 20\ p_N$
	Presiunea exercitată spre concavitatea conului	$p_R \geq 10\ p_N$

Anduranța mecanică a compartimentelor de gaz poate fi făcută, de exemplu, la o presiune de 1,2 p_N timp de trei luni, pierderile de gaz netrebuind să depășească circa 2% din cantitatea de gaz inițială.

În afară de aceasta, pentru a avea convingerea că în decursul probelor nu s-au produs fisuri interioare inadmisibile în izolația din materiale organice (teflon, rășini epoxidice) a conurilor izolante despărțitoare, este recomandabil să se determine intensitatea descărcărilor parțiale în condiții identice cu cele de la pct. 2.1, a. În urma probei, intensitatea descărcărilor parțiale nu trebuie să depășească cu mult valoarea atinsă înaintea probelor de verificare a anduranței mecanice a compartimentelor.

Se recomandă, de asemenea, supravegherea debitului de pierderi ale gazului SF_6 în timpul probelor.

2.4. *Verificarea capacității de comutație a CHK sau SHK*

După verificarea separată a capacității de comutație a modulului de întreruptor (sau separator de sarcină) trebuie verificată capacitatea de comutație a celulei sau stației în ansamblu, luate cu toate elementele lor componente, care pot avea influență negativă asupra fenomenului de stingere a arcului electric.

Încercările se execută conform prevederilor CEI (Publicația nr. 56), ținînd seamă însă și de ultimele recomandări [6] cu privire la tensiunea tranzitorie de restabilire inițială (TTRI), avînd în vedere sensibilitatea conside-

rabilă a echipamentului cu SF_6 față de acest regim de încercare (a se vedea și rapoartele CIGRE din 1976).

3. Încercările de tip și de control

Încercările de tip sînt reglementate în prezent prin Publicația CEI nr. 517 [7]. Conform acestor recomandări, CHK sau SHK trebuie să fie supuse la următoarele probe de tip:

a) încercarea izolației la undă de impuls STA (1,2/50 μs);

b) încercarea izolației la undă de impuls STC (250/2500 μs);

c) încercarea izolației la tensiune de frecvență industrială în stare uscată;

d) încercarea izolației externe (dacă este cazul) la tensiune de frecvență industrială sub ploaie;

e) verificarea duratei de viață a izolației organice conform Publicației CEI nr. 137;

f) determinarea intensității descărcărilor parțiale;

g) determinarea intensității perturbațiilor radioelectrice (dacă CHK este prevăzută cu trecere izolată SF_6/aer);

h) încercarea de încălzire;

i) măsurarea rezistenței ohmice a circuitului principal (primar);

j) verificarea ansamblului (circuite principale și de legare la pămînt) la curenți de stabilitate termică și dinamică;

k) verificarea capacității de rupere și de conectare;

l) verificarea la arc electric intern (aflată în fază de studiu);

m) verificarea anduranței mecanice;

n) verificarea funcționării în regimul temperaturilor extreme;

o) verificarea gradului de protecție.

Metodele de lucru practicate la aceste încercări, specificate în publicația menționată, sînt în principiu similare cu cele utilizate în mod normal la încercările echipamentului tradițional.

Încercările de control, după aceleași recomandări ale CEI, constau în:

— încercarea izolației circuitelor principale (primare) la tensiune de frecvență industrială;

— idem, a circuitelor auxiliare și secundare;

— determinarea rezistenței ohmice pe fază;

— încercări de funcționare mecanică;

— detectarea pierderilor de gaz;

— măsurarea intensității descărcărilor parțiale;

— verificarea dispozitivelor auxiliare electrice, pneumatice și hidraulice;

— controlul schemei de montaj al circuitelor (verificarea cablajului).

4. Încercări de punere în funcțiune și profilactice

Scopul încercărilor de punere în funcțiune și profilactice (*PF*) constă în depistarea unor carențe în condițiile de transport al compartimentelor (modulelor) pînă la locul de asamblare din exploatare și în verificarea calității lucrărilor de montaj.

În cadrul acestor probe se constată: dacă s-au respectat distanțele de izolație dintre electrozi (trebuie avut în vedere că în cazul CHK și SHK aceste distanțe sînt foarte mici față de construcțiile izolante convenționale); dacă s-au îndepărtat toate sculele, dispozitivele și verificatoarele utilizate la montaj; dacă gazul este suficient de uscat și curat etc.

Specificul încercărilor de *PF* în acest caz constă în dificultatea deosebită de efectuare concretă a probelor din cauza capsulării, datorită inaccesibilității bornelor și datorită exigențelor deosebite puse față de puritatea gazului SF_6 din compartimente (manipularea gazului se face cu instalații speciale).

Din acest motiv, la stabilirea nomenclaturii probelor trebuie să se țină seama de: disponibilitatea la locul de montaj a utilajelor speciale de încercare necesare, costul încercărilor, durata de executare a probelor propuse etc. Pentru a obține mai multe informații despre comportarea elementelor componente, ținînd seamă de considerentele menționate mai sus și de prevederile Publicației CEI nr. 517, la introducerea primelor CHK și SHK în sistemul electroenergetic se propune executarea probelor și măsurătorilor într-o schemă specială (fig. 3). Nomenclatorul probelor *PF* în acest caz ar trebui să cuprindă:

a) Încercarea izolației circuitelor primare, față de anvelopa metalică legată la pămînt și între contactele deschise ale aparatelor de comutație înseriate (întreruptoare, separatoare), la tensiune de impuls 1,2/50 μs, în cadrul căreia se aplică cinci șocuri de tensiune pozitive și cinci șocuri negative, înregistrînd (oscilografiind) tensiunea aplicată (OTA), curentul indus în înfășurarea neîncercată (OCIN) a transformatorului de curent și curentul de șoc (OCS) la transformatorul de tensiune al celulei, proba repetîndu-se pentru toate fazele, în poziția închis și apoi deschis, la aparatele de comutație înseriate.

Un interes deosebit prezintă, pentru acest caz, încercările cu impuls de comutație oscilant, produs, de exemplu, prin descărcarea unui condensator în prealabil încărcat pe înfășurarea secundară a transformatorului de tensiune inductiv [9]. Cercetările au demonstrat că impulsurile de acest fel creează solicitările cele mai apropiate de cele din exploatare dacă durata frontului este de ordinul sutelor de μs (convențional s-a ales un front de 250 ± 100 μs).

b) Încercarea izolației circuitelor primare față de anvelopa metalică legată la masă și între contactele deschise ale aparatelor de comutație înseriate, la tensiune înaltă continuă (deconectînd din schemă transformatorul induc-

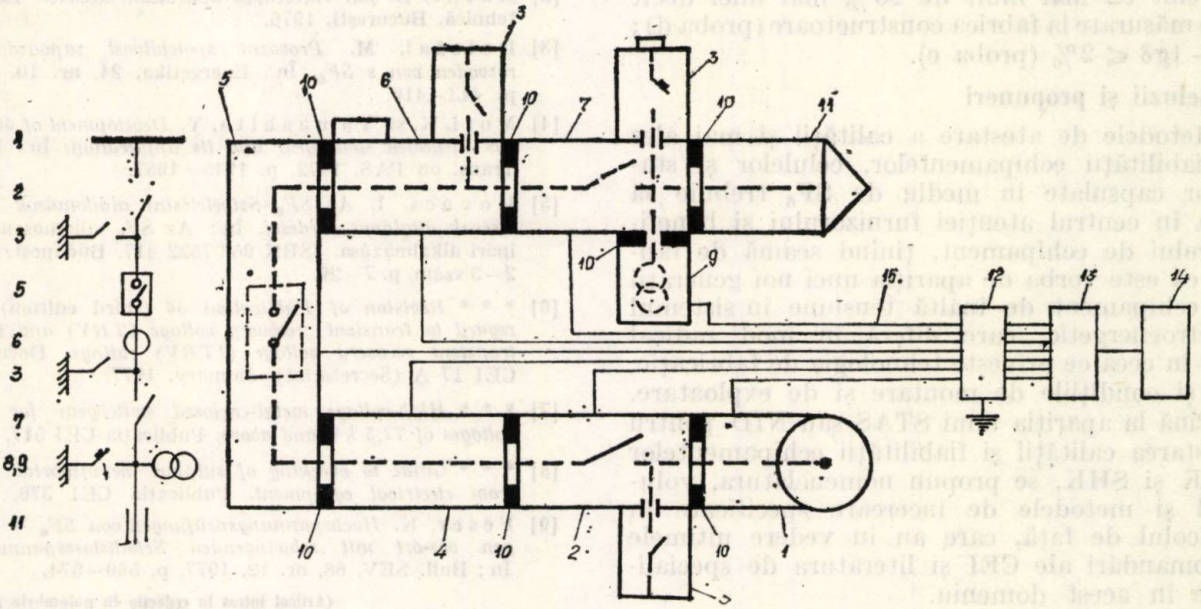


Fig. 3. Schemă de principiu pentru verificarea comportării CHK în perioada exploatării experimentale:
1 — racord de bare; *2* — separator de bare; *3* — separator lent de legare la pămînt; *4* — tronson de bare; *5* — întreruptor; *6* — transformator de curent; *7* — separator de linie; *8* — scurtcircuitor rapid de legare la pămînt; *9* — transformator de tensiune; *10* — șaibă izolantă; *11* — trecere izolată SF_6/aer; *12* — transformatoare de curent toroidale sau șunturi; *13* — multiplexer; *14* — înregistrator pe bandă magnetică (eventual oscilloperturbograf); *15* — cabluri de racord.

tiv de tensiune), în cadrul căreia se ridică diagramele: $i_{abs} = f_1(t)$, la U = const., și $i_{abs} = f_2(U)$, la t = const., după care izolația față de masă și izolația dintre contactele deschise ale aparatelor de comutație se supune la o încercare cu tensiune continuă mărită timp de 1 minut.

c) Încercarea izolației circuitelor secundare și auxiliare la tensiune de frecvență industrială de 2 kV, timp de 5 min, în timpul căreia înfășurările secundare ale transformatoarelor de curent se leagă în scurtcircuit, iar cele ale transformatoarelor de tensiune se lasă în gol (cu o bornă legată la masă).

d) Măsurarea rezistenței de izolație și studierea caracteristicilor de stare a izolației în c.c., unde rezistența de izolație a celulei în poziția închis și deschis se măsoară la 15 s, 60 s și la 10 min, după aplicarea tensiunii, determinîndu-se coeficientul de absorbție (R_{60}/R_{15}) și indicele de polarizare (R_{10}/R_1), după [2].

e) Determinarea tg δ și studierea caracteristicilor de stare a izolației în c.a., care se execută cu o punte Schering, determinîndu-se valoarea tgδ și a capacității izolației în poziția închis și deschis a celulei.

f) Determinarea rezistențelor ohmice ale căilor de curent principale (cu ajutorul unei punți sau prin metoda voltmetrului și ampermetrului, valoarea măsurată corectîndu-se la temperatura de referință de 20°C).

g) Încercări funcționale ale modulelor și ale ansamblului, în cadrul cărora se verifică funcționarea corectă a următoarelor subansambluri: dispozitivele de acționare ale aparatelor de comutație, organele de zăvorîre, de declanșare, de protecție, de blocare și de semnalizare, indicatoarele de poziție, robinetele de racord și de evacuare a gazului SF_6.

h) Detectarea locurilor de scăpare a gazului cu ajutorul unui detector special (de exemplu ca acela din figura 4) și determinarea pierderilor de gaz prin cîntărirea exactă, periodică

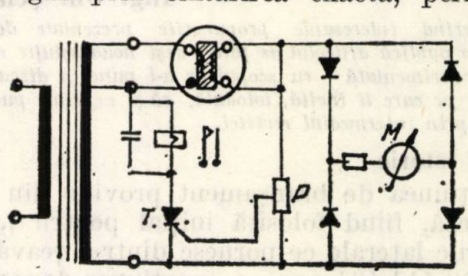


Fig. 4. Schemă de principiu a unui detector de scăpări ale gazului SF_6.

a buteliei de gaz din care se compensează pierderile de SF_6, valoarea măsurată a consumului de gaz fiind raportată la densitatea nominală a gazului.

i) Investigarea umidității gazului SF_6 conform metodologiei din Publicația CEI nr. 480 [8].

Probele de izolație, care sînt cele mai importante, se consideră reușite dacă în timpul sau în urma încercărilor:

— nu se constată străpungeri sau conturnări ale izolației sau pe oscilograme nu apar distorsiuni inadmisibile (probele a, b, c);

— pe diagrama $i_{abs} = f(U)$ nu apare „cotul" caracteristic, presemnalizînd iminenţa descărcărilor disruptive (proba b);

— $R_{60}/R_{15} > 1{,}3$ şi $R_{10}/R_1 > 2$, dar, în orice caz, valorile măsurate la locul de montaj nu sînt cu mai mult de 20% mai mici decît cele măsurate la fabrica constructoare (proba d);

— $\mathrm{tg}\delta \leqslant 2\%$ (proba e).

Concluzii şi propuneri

Metodele de atestare a calităţii şi mai ales a fiabilităţii echipamentelor, celulelor şi staţiilor capsulate în mediu de SF_6 trebuie să stea în centrul atenţiei furnizorului şi beneficiarului de echipament, ţinînd seamă de faptul că este vorba de apariţia unei noi generaţii de echipament de înaltă tensiune în sistemul electroenergetic, care diferă în mod radical atît în ceea ce priveşte tehnologia de fabricaţie, cît şi condiţiile de montare şi de exploatare.

Pînă la apariţia unui STAS sau NID pentru atestarea calităţii şi fiabilităţii echipamentelor CHK şi SHK, se propun nomenclatura, volumul şi metodele de încercare specificate în articolul de faţă, care au în vedere ultimele recomandări ale CEI şi literatura de specialitate în acest domeniu.

Bibliografie

[1] Mathé, B., Gavrilă, Gh. şi Mihalcea, E. *Avantajele introducerii în sistemul electroenergetic a staţiilor de înaltă tensiune capsulate în hexafluorură de sulf.* În: Energetica, 23, nr. 2, 1975, p. 78—86.

[2] Mathé, B. ş.a. *Încercarea aparatelor electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1976.

[3] Doležal, M. *Provozni spolehlivost zapouzdrenych rozvoden vvn s SF_6.* În: Energetika, 24, nr. 10, 1974, p. 413—416.

[4] Mori, K. şi Yamashita, Y. *Development of 500 kV gas insulated switchgear and its application.* În: IEEE Trans. on PAS, 1972, p. 1945—1957.

[5] Kovács, I. *Az SF_6-Szigetelésiui alállomások létesitésének általános kérdései.* În: Az SF_6 villamosenergiaipari alkalmazása, ISBN 963 7522 417, Budapest, 1976, 2—3 szám, p. 7—29.

[6] * * * *Revision of Publication 56* (third edition) *with regard to transient recovery voltage (TRV) and initial transient recovery voltage (ITRV) ratings.* Document CEI 17 A (Secretariat), January, 1977.

[7] * * * *High-voltage metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above.* Publicaţia CEI 517, 1975.

[8] * * * *Guide to checking of sulphur hexafluoride taken from electrical equipment.* Publicaţia CEI 376, 1971.

[9] Feser, K. *Hochspannungsprüfungen von SF_6 — Anlagen vor-ort mit schwingenden Schaltstossspannungen.* În: Bull. SEV, 68, nr. 12, 1977, p. 569—574.

(Articol intrat în redacţie în noiembrie 1977)

Puncte de vedere

Consideraţii tehnico-economice asupra branşamentului aerian la micii consumatori casnici din mediul rural şi urban

Ing. **Gh. Şchiopu***)

Considerînd interesante propunerile prezentate de autor, redacţia publică articolul de faţă — deşi noua soluţie nu a fost încă experimentată — cu scopul de a-l pune în discuţia cititorilor, pe care îi invită, totodată, să-şi exprime punctul de vedere prin intermediul revistei.

Scurt istoric

Noţiunea de branşament provine din limba franceză, fiind folosită iniţial pentru „ţevile, tuburile laterale ce pornesc dintr-o ţeavă principală" [1], [8], apoi ca „porţiunea de conductă care face legătura între o conductă principală (de apă, de gaz etc.) şi una secundară" [3], [21]; a fost apoi preluată în normativele, prescripţiile şi instrucţiunile tehnice de specialitate, dîndu-i-se sensul pe care îl are în prezent, de „legătură electrică de joasă tensiune ce se execută de la reţelele electrice de distribuţie existente pe străzi şi pînă la contorul electric, inclusiv acesta, al unui mic consumator", aflat în mediul rural sau urban [2].

În decursul timpului, conţinutul noţiunii variază de la un normativ la altul, de la o prescripţie la alta şi, după definiţiile oficiale, diferă şi la diverşii autori care au tratat problema branşamentelor electrice.

Se remarcă oarecare inconsecvenţă în legătură cu conţinutul termenului, în timp, şi o anumită neconcordanţă între diversele regulamente, normative, prescripţii, instrucţiuni, fişe tehnologice şi standarde, în vigoare la un moment dat. Remarca este valabilă şi sub aspectul condiţiilor şi criteriilor de dimensionare a branşamentelor.

Primele branşamente realizate în ţara noastră au fost constituite din simple derivaţii din linia principală de distribuţie (construită pe suporturi de acoperiş) cu conductoare din cupru, care făceau legătura între aceasta şi tabloul abonatului. Branşamentul se executa din conductoare de cupru izolat (NGA) fără siguranţă aeriană (sistem practicat şi care dăinuie şi astăzi în oraşele din Transilvania).

Odată cu dezvoltarea reţelelor de distribuţie de joasă tensiune, cu apariţia liniilor pe stîlpi separaţi de clădiri şi a branşamentelor aeriene cu conductoare neizolate, s-a introdus siguranţa aeriană drept dispozitiv de protecţie a porţiunii de circuit situată între punctul de derivaţie din reţeaua principală şi tabloul consumatorului. În unele localităţi, în afară de siguranţă se mai intercala o firidă de branşament pe zidul clădirii, care conţinea o sigu-

*) Ing. Gh. Şchiopu este şeful Atelierului de proiectare reţele electrice din IRE Bacău.

ranță fuzibilă destinată protejării coloanei dintre aceasta și tabloul consumatorului [9].

De la conductoare neizolate de cupru s-a trecut la conductoare neizolate de oțel sau aluminiu, apoi la conductoare protejate împotriva intemperiilor (considerate neizolate din punct de vedere electric), iar în ultima vreme la conductoare izolate protejate contra intemperiilor [7], [9].

Siguranța aeriană s-a menținut și după utilizarea conductoarelor izolate electric și protejate împotriva intemperiilor, pînă cînd s-a constatat că, luîndu-se chiar o serie de măsuri de îmbunătățire a funcționării acestora, de perfecționare a fabricației și exploatării lor, deranjamentele provocate de siguranțe atingeau, nejustificat, proporții îngrijorătoare, iar scopul pentru care erau prevăzute nu era îndeplinit în modul așteptat [6], [9], [12], [13], [14], [15], [18], [22], [24], [26].

S-a stabilit astfel că siguranța aeriană s-a transformat, dintr-un mijloc de protecție a branșamentului aerian împotriva defectelor electrice ale acestuia, în principala sursă de deranjamente din întreaga rețea de joasă tensiune, ponderea arderilor intempestive a siguranțelor aeriene în totalul deranjamentelor variind între 26 și 80% [9], [18], [26].

În a doua jumătate a deceniului trecut s-au întreprins o serie de analize și studii asupra eliminării numărului mare de deranjamente determinate de creșterea continuă a forței de muncă, a mijloacelor materiale și de transport pentru remedierea deranjamentelor avînd drept sursă siguranța aeriană; în consecință, s-a pus problema renunțării la siguranța aeriană din componența branșamentelor, similar cu practica din alte țări cu o dezvoltare puternică a rețelelor electrice [5], [6], [9], [13], [16], [19], [20], [26].

La începutul acestui deceniu s-a dispus de către M.E.E. să se renunțe la siguranța aeriană [22]. S-au întocmit unele proiecte cu caracter directiv [16], [20], dintre care ultimul s-a definitivat și se aplică în mod curent; apoi au apărut și alte reglementări [28], [30], dar toate prevăd în componența branșamentului firidă de branșament în scopul amintit mai sus.

Tipuri de branșamente utilizate în prezent

În conformitate cu reglementările în vigoare s-au generalizat și se aplică în mod curent, pentru rețelele aeriene de joasă tensiune cu conductoare neizolate, branșamentul electric aerian monofazic, fără siguranță aeriană [20], [22], [28] și branșamentul pentru rețele electrice aeriene cu conductoare torsadate [29], [30].

Branșamentul electric aerian, monofazic, fără siguranță aeriană, constituie un sistem îmbunătățit de racordare a consumatorilor casnici la rețelele electrice aeriene cu conductoare neizolate de 380/220 V și se compune din:

— branșamentul propriu-zis, care constituie legătura de la rețeaua electrică aeriană și pînă la firida (nișa) de branșament;

— firida (nișa) de branșament, care se interpune între legătura de la rețea și coloana electrică pînă la bornele contorului;

— coloana electrică.

În firida de branșament se montează, pe conductorul de fază, o siguranță care are rolul de a proteja coloana electrică împotriva scurtcircuitelor și de separare selectivă a instalației defecte a consumatorului de linia electrică aeriană de joasă tensiune.

Legătura de la rețeaua electrică aeriană de distribuție și pînă la firida de branșament se realizează cu conductor de aluminiu multifilar, izolat și rezistent la intemperii, AF2YI, de 16 (25) mm², dintr-o singură bucată. Pe această porțiune nu se admit înnădiri sau părți dezizolate ale conductoarelor.

Între suportul de clădire și firida de branșament, conductoarele se protejează în tub IP, IPY, cînd sînt îngropate, sau PEL, cînd sînt aparente.

Branșamentele se calculează pe baza pierderilor de tensiune și se verifică din punctul de vedere al curentului maxim admisibil pentru secțiunea rezultată din calcul.

Pierderea de tensiune admisibilă în branșament este de 1%, iar în coloană de maximum 0,5% [20]; aceasta permite realizarea unei abateri de tensiune la receptoarele de energie în limitele prescrise de normativele în vigoare [25].

Branșamentul pentru rețele electrice aeriene cu conductoare torsadate reprezintă o parte din instalația de joasă tensiune, destinată alimentării cu energie electrică a consumatorilor casnici, cuprinsă între rețeaua electrică de distribuție și firida montată în zidul clădirii, echipată cu siguranță de protecție.

Legătura dintre această firidă și tabloul de distribuție al abonatului se realizează printr-o coloană electrică.

Branșamentele cu conductoare torsadate sînt constituite din:

— conductoare electrice din aluminiu, izolate și răsucite în fascicol, cu secțiunea de 10, 16, 25 mm², de tip TYIR;

— cleme și armături;

— firide de branșament.

Legătura între rețeaua principală și firida de branșament se realizează cu același fascicol care face legătura între linie și suportul de acoperiș.

*

Cea mai completă și mai recentă definiție a branșamentului este dată de STAS 234—78, în care se precizează că branșamentul electric este partea din rețeaua de distribuție de joasă

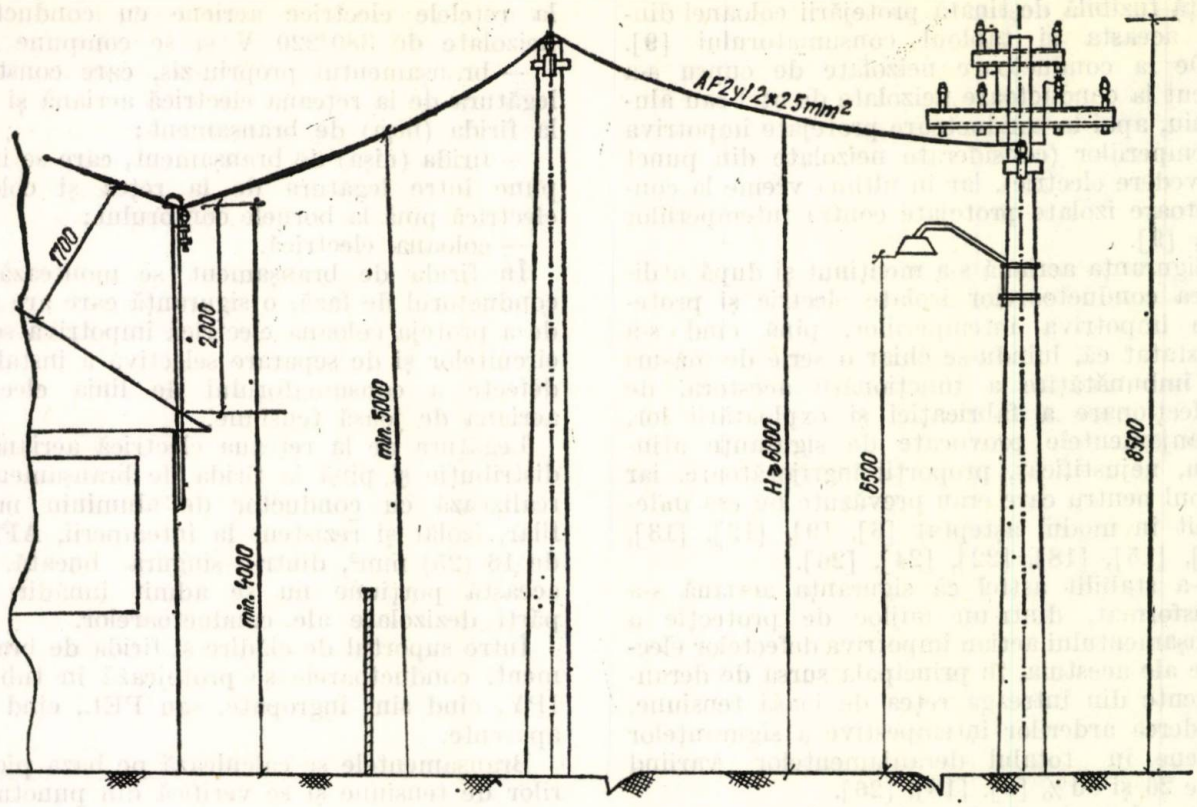


Fig. 1. Branşament cu traversarea drumului.

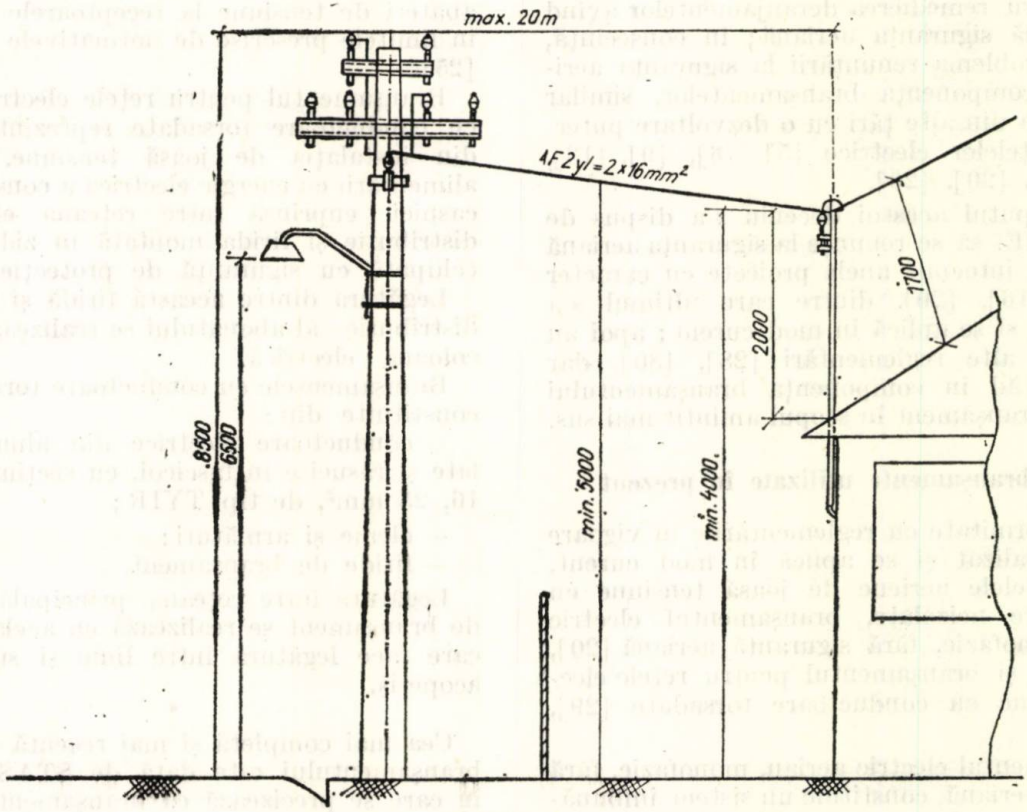


Fig. 2. Branşament simplu fără traversarea drumului.

tensiune care alimentează cu energie electrică unul sau mai mulţi consumatori. Branşamentul este constituit din elemente de instalaţii cuprinse între linia electrică de joasă tensiune şi bornele de ieşire din contorul (contoarele) de decontare a energiei electrice consumate (inclusiv contorul).

Principalele părţi componente ale unui branşament electric, conform STAS 234—78, sînt:

— racordul electric;
— firida de branşament;
— coloana electrică.

Racordul electric reprezintă partea dintr-un branşament electric, delimitată între linia electrică de distribuţie şi firida principală, realizată din conductoare izolate montate pe stîlpi sau pe faţade de clădiri. La rîndul lui, el se compune din:

— conductoare, care fac legătura de la linia electrică aeriană la firida de branşament;
— suportul de acoperiş sau suportul de perete;
— cleme de derivaţie din reţea;
— armături pentru fixarea şi susţinerea conductorului;
— stîlp intermediar de branşament.

Firida de branşament este partea de branşament unde se realizează legătura dintre racord şi coloana electrică şi unde se montează elementele de protecţie la suprasarcină şi scurtcircuit a coloanei electrice. Ea se compune din:

— aparatajul electric pentru protecţie la suprasarcină sau la scurtcircuit;
— bare (borne) de distribuţie;
— bare (borne) de nul de lucru şi de protecţie;
— uşi de firidă.

Coloana electrică este partea de branşament prin care se face legătura dintre firidă şi branşament şi consumator.

Coloana electrică de branşament se realizează din conductoare izolate cu material plastic, protejate în tuburi de protecţie [31].

Se observă uşor că orice branşament electric aerian conţine în general aceleaşi elemente de reţea, indiferent de modul cum se realizează, iar ca schemă este identic. Particularităţile fiecărui branşament electric se concretizează în lungimile diferitelor elemente, iar secţiunea conductoarelor se alege în funcţie de puterea absorbită de consumator şi de pierderile de tensiune maxime admisibile în diferitele elemente ale acestuia (1% pentru racord şi 0,5% pentru coloană).

Din aceste considerente, branşamentele, în cele ce urmează, se tratează unitar, iar concluziile ce se desprind sînt valabile pentru toate tipurile de branşamente aeriene.

Analiza posibilităţilor de simplificare a branşamentelor

În figura 3 este reprezentată schema electrică multifilară a branşamentului monofazic, în care se indică lungimea racordului şi a coloanei.

Cea mai mare lungime o are racordul, care variază între 5 şi 25 m, fără stîlp intermediar. Uneori lungimea poate creşte la valori mult mai mari, în această situaţie prevăzîndu-se stîlpi intermediari.

În cazul branşamentelor cu suport de acoperiş, lungimea racordului din punctul de intrare în suportul de acoperiş pînă la firida de branşament variază între 3 şi 6 m.

În ce priveşte coloana de alimentare a tablolui abonatului, aceasta are lungimi relativ mici, cuprinse între 0,5 şi 6 m.

Se menţionează că majoritatea coloanelor au lungimi apropiate de limita inferioară (0,5—1 m) şi extrem de puţine ating lungimi peste 2—3 m, şi atunci datorită neglijenţelor de proiectare sau execuţie, întrucît aproape toate normativele, prescripţiile şi instrucţiunile impun ca aceasta să fie realizată pe trasee cît mai scurte. Pe de altă parte, contoarele se montează de regulă în interior cît mai aproape de intrarea în clădire [17], aşa încît limita superioară a lungimii indicate se întîlneşte extrem de rar.

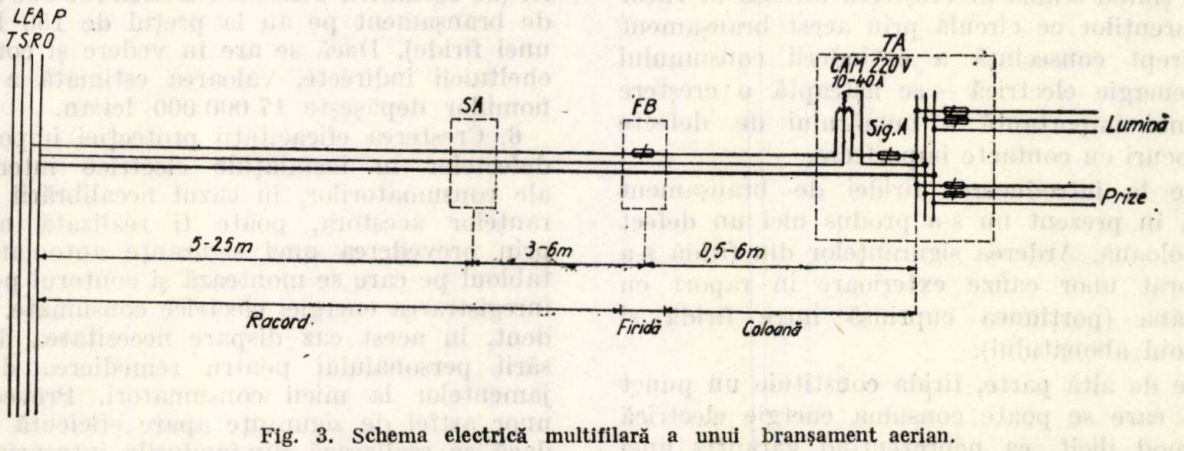


Fig. 3. Schema electrică multifilară a unui branşament aerian.
LEAP — linie electrică principală; *SA* — suport de acoperiş; *FB* — firidă de branşament; *TA* — tablou abonat; *CAM* — contor de energie activă monofazic; *Sig. A* — siguranţă fuzibilă.

Avînd în vedere faptul că la actualele branşamente se folosesc pentru racord conductoare de tip AF2YI sau T 2YIR izolate, rezistente la intemperii, iar al doilea (pentru reţele cu conductoare torsadate) rezistent şi la foc, secţiunea minimă fiind 16 mm² Al, conductoare ce se încearcă la 4 kV, în suportul de acoperiş se prevede un tub din PVC — conform STAS 1307—72 —, precum şi posibilitatea instalării dispozitivelor de protecţie la 30 m de punctul de derivaţie (de micşorare a secţiunii) [4], [10], [23], [25], [27], se pune problema analizării necesităţii firidei de branşament.

Dacă se mai are în vedere că există un număr mare de branşamente fără firidă de branşament, la care din punctul de intrare în suportul de acoperiş secţiunea conductoarelor pînă la tabloul abonatului scade la 6 mm², porţiune neprotejată, fără a fi provocat defecte sau incendii, că prin creşterea secţiunii racordului aerian şi scurtarea coloanei probabilitatea apariţiei unor scurtcircuite sau incendii este foarte mică, rezultă că se poate pune problema renunţării la firida de branşament.

Pentru renunţarea la firidă, în afară de aspectul economic, costul branşamentului scăzînd cu circa 11,7—15%, mai pledează şi o serie de aspecte tehnice, şi anume: firida constituie un punct de întrerupere a conductoarelor de fază, de nul de serviciu şi a nulului de protecţie prevăzut a se introduce de către STAS 6616—78; acest fapt transformă firida într-o sursă de deranjamente şi se poate ajunge pe altă cale la situaţia anterioară, cînd se foloseau siguranţele aeriene.

Pentru respectarea prevederilor STAS 234—1978 sînt necesare noi tipuri de firide, cu mai multe cleme de nul, ceea ce va scumpi şi mai mult costul branşamentului.

Este de menţionat că existenţa unui număr mare de legături (locuri de contact) are drept efect apariţia unor defecte nedorite, care pot fi eliminate prin evitarea realizării lor [11], [24], dar, ţinînd seama de creşterea intensă în viitor a curenţilor ce circulă prin acest branşament — drept consecinţă a extinderii consumului de energie electrică — se aşteaptă o creştere şi mai importantă a numărului de defecte în locuri cu contacte imperfecte.

De la introducerea firidei de branşament pînă în prezent nu s-a produs nici un defect în coloană. Arderea siguranţelor din firidă s-a datorat unor cauze exterioare în raport cu coloana (porţiunea cuprinsă între firidă şi tabloul abonatului).

Pe de altă parte, firida constituie un punct prin care se poate consuma energie electrică în mod ilicit, ea neprezentînd garanţia unei sigure închideri sau plombări.

Concluzii şi propuneri

1. Firida de branşament are un dublu scop:

— de protecţie, în care caz ea protejează împotriva defectelor electrice o porţiune de 0,5—6 m, care reprezintă 1,7—20% din lungimea totală a branşamentului.

Din punctul de vedere al protecţiei împotriva incendiilor, porţiunea de racord dintre punctul de intrare în suportul de acoperiş şi firida de branşament nu este protejată, în afară de coloană, care reprezintă 7,8—50% din partea interioară a branşamentului. Se aminteşte că majoritatea situaţiilor sînt apropiate de limita inferioară;

— de separare, între întreprinderea furnizoare şi consumator. Separarea însă este iluzorie: accesul personalului întreprinderii de reţele electrice este asigurat în permanenţă, iar firida permite accesul consumatorului în caz de ardere a siguranţei, acesta nemaianunţînd centrul de reţele, ci efectuînd singur înlocuirea.

2. Din experienţa de exploatare privind branşamentele fără siguranţă aeriană, cu firidă, rezultă că în ultimii cinci ani nu s-a înregistrat nici un defect al porţiunii protejate de siguranţa din firidă.

3. Utilizarea conductoarelor izolate, protejate împotriva intemperiilor şi rezistente la foc înlătură temerile legate de apariţia unor scurtcircuite sau incendii. Porţiunea de coloană care ar rămîne neprotejată reprezintă circa 20% din lungimea racordului în suportul de acoperiş, în tuburi, sub sau pe tencuială.

4. Din considerentele tehnico-economice expuse, se poate renunţa la firidă în cazul branşamentelor electrice aeriene. Soluţia propusă se încadrează în prevederile Normativului I7—74, siguranţa putîndu-se monta la 30 m de la punctul de derivaţie (scădere a secţiunii) în cazul în care coloana este amplasată în locuri greu accesibile, iar capacitatea de transport este mai mare de 10% din cea a liniei principale.

5. Renunţînd la firidele din bachelită, se realizează anual o economie de circa 15 000 000 lei (se consideră utilizarea a circa 100 000 firide de branşament pe an la preţul de 150 lei al unei firide). Dacă se are în vedere şi cota de cheltuieli indirecte, valoarea estimată a economiilor depăşeşte 17 000 000 lei/an.

6. Creşterea eficacităţii protecţiei împotriva defectelor în instalaţiile electrice interioare ale consumatorilor, în cazul necalibrării siguranţelor acestora, poate fi realizată numai prin prevederea unei siguranţe automate pe tabloul pe care se montează şi contorul pentru înregistrarea energiei electrice consumate. Evident, în acest caz dispare necesitatea deplasării personalului pentru remedierea deranjamentelor la micii consumatori. Prevederea unor astfel de siguranţe apare eficientă chiar dacă se realizează din fondurile întreprinderii furnizoare de energie electrică.

Bibliografie

[1] Candrea, I. A. și Adamescu, Gh. *Dicționar enciclopedic ilustrat.* Editura Cartea românească, București, 1931.
[2] * * * M.E.E.I.E. *Regulament pentru utilizarea energiei electrice.* Indicativ 74—56. OPED, București, 1956.
[3] *Dicționarul limbii române moderne.* Editura Academiei R.P.R., București, 1958.
[4] * * * *Manualul inginerului electrician.* vol. VII. Editura tehnică, București, 1958.
[5] * * * *Metode noi folosite în montajul instalațiilor electrice interioare și al branșamentelor exterioare.* IDT, București, 1962.
[6] * * * *Soluții noi în executarea și întreținerea branșamentelor de energie electrică.* IDT, București, 1964.
[7] Gheorghiu, N. și Militaru, P. *Rețele electrice rurale.* Editura tehnică, București, 1964.
[8] Marcu, Fl. și Manea, C. *Dicționar de neologisme.* Editura științifică, București, 1966.
[9] Kleinermann, M. *Noul tip de branșament aerian de joasă tensiune, utilizat la IDEB.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, nr. 2, 1968.
[10] * * * CSCAS. *Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice interioare cu tensiuni pînă la 1000 V.* Indicativ I. 7—68. INCERC, București, 1969.
[11] Baciu, A. și Laszlo, T. *Măsurarea curenților de scurtcircuit monofazat în rețelele de joasă tensiune.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, nr. 7, 1969.
[12] Gard, I. *Siguranțe cu mare putere de rupere tip FE, SLA, 16—800 A.* În: Economia de energie, ODE-M.E.E. nr. 10, 1969.
[13] Baciu, A. și Laszlo, T. *Exploatarea și repararea rețelelor electrice.* Editura tehnică, București, 1969.
[14] Schneider, S. ș.a. *Selectivitatea în instalațiile electrotehnice pînă la 1000 V.* În: Exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor energetice, O.D.E.—M.E.E., nr. 1, 1970.
[15] Vanek, V. *Selectivitatea siguranțelor și a dispozitivelor de protecție de joasă tensiune.* În: Exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor energetice, O.D.E. —M.E.E., nr. 9, 1970.
[16] * * * M.E.E. — C.I.T.D.E.E. *Îndrumător pentru proiectarea și construirea branșamentelor fără siguranță aeriană tip N—68.* O.D.E.—M.E.E., 1970.
[17] * * * M.E.E. *Regulament pentru furnizarea și utilizarea energiei electrice, completat cu instrucțiuni de aplicare.* O.D.E., 1970.
[18] Nimară, P. și Stoica Violeta. *Îmbunătățirea protecției prin siguranțe fuzibile aeriene a branșamentelor electrice de joasă tensiune.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, nr. 4, 1970.
[19] Zane, R. *Progresul tehnic al instalațiilor de distribuție și transport al energiei electrice.* M.E.E.—C.I.T.D.E.E., 1970.
[20] * * * M.E.E.—I.R.E.B. *Documentație de omologare — Branșament electric aerian, monofazic, fără siguranță aeriană.*
[21] Țițeica, R. ș. a. *Dicționar de termeni tehnici.* Editura tehnică, București, 1972.
[22] * * * M.E.E.—C.I.T.D.E.E. *Circulara nr. 41496/8.III. 1972.*
[23] Pietrăreanu, E. *Reglementări privind proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor electrice de utilizare. Îndreptar.* Editura tehnică, București, 1972.
[24] Baciu, A. *Soluții moderne și tendințe de remediere a deranjamentelor la consumatorii de energie electrică din rețelele electrice urbane.* O.D.E., 1973.
[25] * * * M.C. Inf. *Normativ privind proiectarea și executarea instalațiilor electrice, la consumator, cu tensiuni pînă la 1000 V.* Indicativ I. 7—74.
[26] Goia, L. și Radu, N. *Soluții moderne privind automatizarea exploatării rețelelor de medie și joasă tensiune.* O.D.E., 1974.
[27] Duminicatu, M. ș.a. *Proiectarea instalațiilor de joasă tensiune.* Editura tehnică, București, 1975.
[28] * * * M.E.E.—C.I.E.E.T. *Fișă tehnologică — Executarea branșamentelor electrice.* Indicativ 2 RE—FT—35—71, ICEMENERG, București, 1975.
[29] * * * M.E.E.—C.I.E.E.T. *Îndreptar de proiectare pentru linii electrice aeriene cu conductoare izolate torsadate.* Indicativ 1 Lj—Ip 8—76.
[30] *Decret nr. 290/1977 privind aprobarea normelor generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcțiilor și instalațiilor.*
[31] * * * STAS 234—78. *Coloane ale branșamentelor electrice. Condiții tehnice generale de proiectare și execuție.*
[32] * * * STAS 6616—78. *Instalații de legare la nul de protecție.*
[33] * * * M.E.E. *Normativ pentru construcția liniilor electrice aeriene de joasă tensiune.* Indicativ PE 106/1977. ICEMENERG, București, 1977.

(Articol intrat în redacție la 2 octombrie 1978)

Recenzii

A. CARABULEA. **Inițiere în ingineria sistemelor industriale. Modelarea sistemelor de energie.** Editura tehnică, București, 1978, 280 p.

În seria de lucrări privind inițierea în automatică—informatică—electronică —management, apărute în Editura tehnică din țara noastră, cartea cu titlul de mai sus reprezintă o nouă și valoroasă contribuție a autorului la concepția sistemică de abordare a fenomenelor economico-inginerești.

Lucrarea este redactată în manieră sistemică, cuprinde modele ale cercetării operaționale de optimizare a organizării sistemelor industriale și redă modalitățile de construire a algoritmelor în vederea conducerii eficiente a proceselor de producție cu structură discretă și continuă.

Prelucrînd cele mai actuale metode ale teoriei sistemelor și aplicîndu-le în practica industrială, la condițiile sistemelor energetice, cartea conf. dr. ing. A. Carabulea jalonează căile inginerești de transformare a organizării și conducerii producției dintr-o problemă operațională într-o problemă de concepție.

Cartea este structurată pe patru capitole, după fiecare capitol fiind prezentate o serie de exemple numerice, elaborate în genul teoriei cazurilor.

Primul capitol tratează conceptele ingineriei sistemelor industriale, în cadrul căruia, după prezentarea concepției sistemice în cercetarea fenomenelor, sînt abordate principalele modele ale ingineriei sistemelor (conceptul de model, modele de sinteză ale ingineriei sistemelor, modele specifice ale ingineriei sistemelor), precum și elementele de structură ale sistemelor energetice.

În ultimul subcapitol al capitolului 1, o atenție deosebită este dată elaborării bilanțului energetic al unui sistem de producție.

Capitolul se încheie cu o aplicație privind studiul tehnico-economic al racordării unei centrale electrice la sistemul energetic printr-o linie electrică aeriană de 220 kV.

Al doilea capitol al cărții prezintă modelele din teoria cercetării operaționale. Prezentarea aspectelor teoretico-aplicative ale modelării sistemelor de producție în cadrul acestui capitol se

face în scopul precizării structurii modelelor cercetării operaționale și al evidențierii modului de folosire a ideii sistemice la optimizarea sistemelor industriale în general, și a sistemelor energetice în special.

Astfel, după ce se fac considerații destul de ample privind construirea structurii modelelor, se trece la prezentarea modelelor matematice în teoria stocurilor și așteptării, în teoria echipamentelor și în teoria ordonanțării producției, în teoria ingineriei umane și în teoria căutării, precum și în teoria investițiilor. Sînt prezentate exemple de calcul referitoare la sistemele cu structură continuă, la modelele matematice în teoria așteptării, în ordonanțarea producției, în teoria căutării și în teoria investițiilor.

Toate exemplele de calcul tratează probleme energetice.

În al treilea capitol al cărții sînt abordate modelele în teoria prognozei și în teoria deciziei.

După expunerea problemelor de bază privind prognoza sistemelor de producție, se prezintă modelele matematice ale prognozei sistemelor generale și a celor industriale: modelele extrapolării analitice, modelele extrapolării fenomenologice și modelele agregat ale ingineriei sistemelor.

În continuare sînt prezentate modelele de prognoză la nivelul sistemelor energetice, precum și algoritmul optimizării rezervei de putere la nivelul unui sistem energetic. Subcapitolul referitor la modelele în teoria prognozei se încheie cu cîteva exemple de calcul din domeniul prognozei energetice. În al doilea subcapitol al capitolului 3, după ce se definește decizia și se prezintă baza de informații pentru decizie, se trece la analiza modelelor comentropice ale fluxului informațional, precum și a modelelor de decizie la nivelul sistemelor industriale (modele cu structură probabilistă, modele bazate pe conceptul de risc, modele bazate pe conceptul de comentropie). Subcapitolul se încheie cu prezentarea celor mai importante modele de rezolvare a problemelor care implică construirea deciziilor multidimensionale (metoda Neumann — Morgenstern, metoda ELECTRE și metoda Leader-ului) și cu un exemplu de calcul adecvat.

Capitolul 4, și ultimul al lucării, este rezervat prezentării modelelor matematice în teoria costurilor și în ingineria valorii.

În cadrul acestui ultim capitol al cărții sînt abordate modelele matematice în teoria costurilor de producție din cadrul sistemelor discrete, modelele în teoria costurilor pentru producția de energie, precum și premisele ingineriei și analizei valorii.

Capitolul se finalizează cu un exemplu de calcul care are ca obiect reducerea costurilor de proiectare a instalațiilor energetice (boilere, stații, linii etc.).

Cartea conține două anexe: elemente de deviz pentru instalațiile din structura unui sistem energetic și funcții matematice utilizate la elaborarea prognozei.

Avînd la bază 125 referințe bibliografice, la care se adaugă aportul inedit al autorului, cartea conf. dr. ing. A. Carabulea reprezintă o contribuție importantă adusă clarificării și aprofundării metodologiilor de optimizare a unităților industriale.

Ea este elaborată într-o viziune modernă, iar aspectele ei inedite, printre care, în mod deosebit, considerarea ansamblului producător — consumator într-o unitate sistemică, deschid noi direcții și căi de cercetare a domeniului.

Prin conținutul ei practic, prin bogatul material pe care-l furnizează, ca și prin stilul său ce pledează convingător pentru automatizarea problemelor în vederea optimizării lor cu ajutorul celor mai moderne mijloace de calcul, cartea se adresează inginerilor și economiștilor din compartimentele de concepție ale întreprinderilor, precum și, în general, tuturor specialiștilor în a căror sferă de preocupări intră probleme de optimizare a activității sistemelor industriale. În același timp, ea poate fi folosită și de cadrele didactice și studenții din învățămîntul tehnic superior de profil.

Ing. Romulus Sfichi

D. MANGERON și N. IRIMICIUC. **Mecanica rigidelor cu aplicații în inginerie.** Volumul I — **Mecanica rigidului.** Editura tehnică, București, 1978, 504 p.

Lucrarea reprezintă, cum spun chiar autorii, rodul unei munci îndelungate de adaptare a disciplinei de mecanică la necesitățile tehnicii.

Ea își propune, și reușește pe deplin, să modeleze disciplina în concordanță cu cerințele mecanicii tehnice actuale și să reorganizeze vastul material informațional, să-l selecteze și, în special, să-l completeze după un criteriu nou, cu scopul unei eficiențe sporite de instruire.

Lucrarea, de înaltă factură tehnică, este concepută în două volume.

În primul volum se tratează aspectele teoretice ale cinematicii și dinamicii, se adoptă solidul rigid ca model de lucru, ceea ce apropie mai mult lucrarea de față de practica inginerească.

În carte se reconsideră axiomele mecanicii clasice, se reformulează la nivelul maselor elementare, se adoptă noi definiții și se stabilesc formele ecuațiilor dinamicii pe baza noului model — solidul rigid.

Lucrarea folosește metoda deductivă pentru investigație, cu scopul de a prezenta în mod unitar diversele aspecte particulare ale proceselor mecanice și de a stabili generalizările ce se impun; de asemenea, folosește o nouă ordonare a materialului cerut de logica deducțiilor și concluziilor și un aparat matematic modern, evitînd supraîncărcarea, și exemplifică principalele probleme teoretice cu aplicații practice care se apropie mai mult de cele pe care le întîlnim în mod curent în tehnică.

În volumul I — Mecanica rigidului — sînt studiate, sub toate aspectele, mișcările rigidului din punct de vedere cinematic și dinamic, inclusiv starea de repaus, în ipoteza că aceste mișcări nu influențează mișcările celorlalte corpuri cu care se află în interacțiune. Acest volum are două părți distincte.

Partea întîi: „Teoria echivalenței sistemelor vectoriale mecanice" — are un singur capitol, care se ocupă de procedeele de modelare matematică a operațiilor efectuate pe baza legilor fizice avînd la bază reprezentarea matematică a mărimilor mecanice, operații cu vectori și echivalența sistemelor vectoriale mecanice.

Partea a doua — „Cinematica și dinamica rigidului" — cuprinde următoarele capitole:

Capitolul II — „Cinematica mișcării absolute" — cuprinde cinematica mișcării absolute a punctului, a mișcării absolute generale și a unor cazuri particulare ale rigidului.

Capitolul III — „Cinematica mișcării compuse a rigidului" — studiază cinematica mișcării compuse generale și unele cazuri particulare ale acestei mișcări a rigidului.

Capitolul IV — „Dinamica mișcării absolute a rigidului" — tratează problemele generale ale dinamicii rigidului, dinamica mișcării absolute generale și unele cazuri particulare ale mișcării absolute a rigidului și punctului material.

Capitolul V — „Dinamica mișcării relative a rigidului" — cuprinde relațiile generale în dinamica mișcării relative a rigidului, echilibrul relativ și dinamica unor cazuri particulare de mișcări relative ale rigidului.

Instrumentul matematic folosit, în funcție de descrierea cît mai fidelă a evoluției proceselor modelate, este metoda vectorială, relațiile fiind date atît sub formă vectorială, cît și sub formă matricială, făcînd posibilă folosirea tehnicii moderne de calcul.

Cartea prezintă disciplina mecanicii sub alte aspecte decît cele cunoscute, dar înglobează în același timp și aportul personal al autorilor, aport concretizat în numeroase alte lucrări de specialitate, publicate în țară și străinătate.

Consider că această lucrare, de mare ținută științifică și tehnică, ar trebui dublată de o culegere de probleme speciale, alcătuită după aceleași principii, care să aducă în atenția celor interesați noi moduri de rezolvare a unor chestiuni complexe cu care ne mai confruntăm încă în practica inginerească.

Așteptînd apariția în 1979 a celui de-al doilea volum (sper într-un tiraj sporit față de primul, care s-a epuizat imediat) — care va întregi lucrarea cu mecanica sistemelor de rigide, ceea ce va permite rezolvarea unor probleme complexe ale mecanicii interesînd și domeniul instalațiilor energetice —, o recomand tuturor celor care au contingență cu mecanica în diversele sectoare ale sistemului energetic, de la proiectare-cercetare la întreținere și exploatare.

Ing. Nicolae Șorea

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8 Sectorul 4. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamente pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 4. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10264/1979

I.P.I. c. 1005

1979 SEP 13

E 2039

MW

R REFERÁLVA

4

VOLUMUL XXVII
BUCUREŞTI
APRILIE 1979

energetica

1979 AUG 2 2

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 4 aprilie

Cuprinsul

		Pag.
N. Armencoiu și *G. Moraite*	**Unele probleme privind automatica din sistemul energetic al R.S.R.**	133—139
C. Dumitru	**Influența aerului infiltrat în condensatoarele turbinelor cu abur asupra economicității funcționării**	139—142
C. Mihăilă și *D. Plopeanu*	**Considerații privind influența depunerilor în funcționarea schimbătoarelor de căldură de tip „multitubular"**	143—150
V. Ghia și *E.-D. Cristea*	**Procedeu pentru îmbunătățirea caracteristicilor injectoarelor mecanice cu cameră de turbionare**	150—160
E. Covar	**Schemă de comandă pentru contactoare de joasă tensiune cu reanclanșare după goluri de tensiune și cu controlul continuității circuitelor de comandă**	161—167
M. Dăncilă	**Aspecte privind comportarea la încercări mecanice a izolatoarelor solicitate anterior la acțiunea arcului electric de durată**	168—175
CRONICĂ		
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific al
Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621—3 : 621.3.016.4

Арменкою, Н. и *Мораите, Г.:* **Некоторые вопросы, относительно автоматики энергетической системы в СРР.**

Рассматривается актуальная ситуация системной автоматики в государственной электроэнергетической системе и концепция улучшенной автоматики, которая вводится в многочисленные этапы до 1985 года.

Energetica 27 (1979), № 4, стр. 133—139

ДК 621.165 : 621.175

Думитру, К.: **Влияние воздуха, проникшего в конденсаторы паровых турбин, на экономичность работы. Ситуации, при которых присутствие воздуха является более неблагоприятным.**

Представляются режимы работы группы, для которых проникновение воздуха может возникнуть с большим удельным весом при ухудшении экономичности работы. Представление ситуации производится с указанием на нагрузку группы, степень загрязненности конденсатора и температуру воды охлаждения при входе в конденсатор.

Energetica 27 (1979), № 4, стр. 139—142

ДК 621.3.046.2.004

Михэилэ, К. и *Плопеану, Д.:* **Соображения относительно влияния отложений в работе теплообменников типа „многотрубный".**

Представляется теоретический анализ последствий снижения коэффициента теплообмена на теплообменниках, показывая в качестве примера расчет, который демонстрирует влияние отложений на тепловой и гидродинамический режимы одного многотрубного теплообменника.

Energetica 27 (1979), № 4, стр. 143—150

ДК 621.694.001.2

Гиа, В. и *Кристя, Е.:* **Методы улучшения характеристик механических инжекторов с вихревой камерой.**

Определяется теоретическим и опытным путем возможность улучшения характеристик схигания жидких топлив, распыляемых в механические инжекторы, предвиденные с вихревой камерой, путем повышения количества каналов касательных n. Выводится влияние параметра n на коэффициент расхода, угол распыления и тонкость распыления.

Energetica 27 (1979), № 4, стр. 150—160

ДК 621.316.53 : 621—52

Ковар, Е.: **Схема управления для контакторов низкого напряжения с повторным включением после провала напряжения и с проверкой бесперебойности цепей управления.**

Статья рассматривает один из важных аспектов, касающихся бесперебойности промышленных технологических процессов, а именно снижение чувствительности контакторов, управляющих электрическими приемниками при провалах напряжения и небольших перебоях.

Energetica 27 (1979), № 4, стр. 161—167

ДК 621.3.014.31 : 621.315.62

Дэнчилэ, М.: **Аспекты, касающиеся поведения изоляторов предварительно подверженных воздействию длительной электрической дуги.**

Представляются результаты испытаний, произведенных в связи с поведением изолирующих цепей при электрических и механических нагрузках, которые могут появиться в эксплуатации.

Energetica 27 (1979) № 4, стр. 168—175

ХРОНИК

РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.—3 : 621.3.016.4

Armencoiu, N. und *Moraite, G.:* **Betrachtungen über die Automatki des rumänischen Energiesystems**

Es wird der gegenwärtige Stand der Systemautomatik des nationales Elektroenergiesystems und das Konzept der verbesserten Automatik. die in mehreren Etappen bis 1985 eingesetzt werden muss, besprochen.

Energetica 27 (1979), H. 4, S. 133—139

DK 621.165 : 621.175

Dumitru, C.: **Der Einfluss der in den Dampfturbinenverdampfern eingedrungenen Luft auf die Betriebswirtschaftlichkeit. Bestimmte Situationen in denen die Anwesenheit der Luft unvorteilhaft ist**

Die Fahrweisen des Blockes bei denen die eingedrungenen Luft sich stark nachteilig auf die Wirtschaftlichkeit ausübt werden gezeigt. Die Lage wird mit Bezug auf die Belastung des Blockes, dem Verschmutzungsgrad des Verdampfers und der Kühlwassertemperatur beim Eintritt in den Verdampfer beschrieben,

Energetica 27 (1979), H. 4, S. 139—142

DK 621.3.046.2.004

Mihăilă, C. und *Plopeanu, D.:* **Betrachtungen über den Einfluss der Belagerungen auf den Betrieb der „mehrröhrigen" Wärmeaustauschern**

Es wird die theoretische Analyse der Auswirkungen der Herabsetzung der Wärmeaustauscherzahl in den Wärmeaustauschern aufgeführt, mit der Angabe eines Berechnungsbeispieles für die Hervorhebung des Einsflusses der Belagerungen auf die thermische und hydrodynamische Fahrweise einer merröhrigen Wärmeaustauschers,

Energetica 27 (1979), H. 4, S. 143—150

DK 621.694.001.2

Ghia, V. und *Cristea, E.:* **Ein Verfahren für die Verbesserung der Kennwerte mechanischer Injektoren mit Wirbelungsraum**

Die Möglichkeit der Verbesserungskennwerte flüssiger Brennstoffe gesprüht durch mechanische Injektoren mit Wirbelungsraum durch die Vergrösserung der Anzahl von tangentialen Kanälen n wird festgelegt. Zugleich wird der Einfluss des Kennwertes n auf den Durchflusskennwert, dem Sprühwinkel abgeleitet.

Energetica 27 (1979), H. 4, S. 150—160

DK 621.316.53 : 621—52

Covar, E.: **Steuerungsschema für Niederspannungskontakte mit Wiedereinschaltung nach Spannungsabfällen und der Stetigkeitskontrolle der Steuerungsschaltungen**

Der Bericht behandelt einen der wichtigen Aspekte der Betriebskontinuität industrieller technologischer Prozesse, u. zw. die Desensibilisierung der Kontaktoren zur Steuerung der elektrischen Empfänger bei Spannungsabfällen und Mikroabschaltungen.

Energetica 27 (1979), H. 4, S. 161—167

DK 621.3.014.31 : 621.315.62

Dăncilă, M.: **Aspekte des Verhaltens bei mechanischen Prüfungen der vorerst einer Dauereinwirkung des Lichtbogens unterworfenen Isolatoren**

Es werden die Ergebnisse der Prüfungen der Isolatorenketten beschrieben bei für den Betrieb vorkommenden elektrischen und mecanischen Beanspruchungen.

Energetica 27 (1979), H. 4, S. 168—175

CHRONIK

BUCHBESPRECHUNG

SOMMAIRE

CD 621.–3 : 621.3.016.4

Armencoiu, N. et *Moraite, G.* : **Aspects concernant l'automatique du système énergétique roumain**

On présente l'état actuel de l'automatique du système énergétique national et les perfectionnements à effectuer jusqu'à 1985.

En rg tica 27 (1979), no. 4, p. 133–139

CD 621.165 : 621.175

Dumitru, C. : **L'influence de l'air infiltré dans les condenseurs de turbines à vapeur sur l'économie de fonctionnement. Situations dans lesquelles la présence de l'air est plus défavorable**

On présente les régimes de fonctionnement de la tranche turbogénérateur pour lesquels les infiltrations de l'air sont plus défavorables en ce qui concerne l'économie de fonctionnement. On mentionne le chargement du groupe, le degré d'encrassement du condenseur et la température de l'eau de refroidissement à l'entrée du condenseur.

Energetica 27 (1979), no. 4, p. 139–142

CD 621.3.046.2.004

Mihăilă, C. et *Plopeanu, D.* : **Considérations concernant l'influence des dépôts dans le fonctionnement des échangeurs multitubulaires de chaleur**

On analyse les conséquences de la réduction du coefficient de transmission de chaleur dans les échangeurs de chaleur à l'aide d'un exemple de calcul qui montre l'influence des dépôts sur le régime thermique et hydrodynamique d'un échangeur de chaleur multitubulaire.

Energetica 27 (1979), no. 4, p. 143–150

CD 621.694.001.2

Ghia, V. et *Cristea, E.* : **Méthode de perfectionnement des caractéristiques des injecteurs mécaniques avec chambre de turbulence**

On établit, théoriquement et expérimentalement, les possibilités de perfectionner les caractéristiques de combustion des combustibles liquides pulvérisés dans les injecteurs mécaniques avec chambre de turbulence, par la multiplication des rainures tangentielles n. On déduit l'influence du paramètre n sur le coefficient de débit, sur l'angle et la finesse de pulvérisation.

Energetica 27 (1979), no. 4, p. 150–160

CD 621.316.53 : 621–52

Covar, E. : **Schéma de commande pour les contacteurs à basse tension avec réenclenchement après les creux de tension et avec le contrôle de la continuité des circuits de commande**

On présente un des aspects très importants concernant la continuité de fonctionnement des processus technologiques industriels, notamment la désensibilisation des contacteurs qui commandent les recepteurs électriques au creux de tension et au microdéclenchement,

Energetica 27 (1979), no. 4, p. 161–167

CD 621.3.014.31 : 621.315.62

Dăncilă, M. : **Résultats obtenus aux essais mécaniques des isolateurs antérieurement soumis à l'action de l'arc électrique de puissance**

On présente les résultats des essais mécaniques effectués aux isolateurs capot-tyge ou à fût massif qui constituent les chaînes d'isolateurs des lignes électriques aériennes à HT, antérieurement soumis à l'essais de court-circuit à l'arc électrique de puissance et de longue durée.

Energetica 27 (1979), no. 4, p. 168–175

COMPTE-RENDUS

CRONIOUE

CONTENTS

DC 621.–3 : 621.3.016.4

Armencoiu, N. and *Moraite, G.* : **Some problems regarding the automatics within the energetical system of the SRR**

The paper shows the present situation of the system automatics within the national electroenergetical system and the concept of improved automatics, which is being introduced in several steps by 1985.

Energetica 27 (1979), nr. 4, p. 133–139

DC 621.165 : 621.175

Dumitru, C. : **Influence of air leakages in steam turbine condensers on operational economics. Situations in which presence of air is less favourable**

The operating states are presented of the group for which air leakages can more severely appear, leading to a lowering of operational economics. The situation is presented regarding grup loading, fouling degree of the condenser and cooling water temperature at condenser inlet.

Energetica 27 (1979), nr. 4, p. 139–142

DC 621.3.018.2.004

Mihăilă, C. and *Plopeanu, D.* : **Considerations regarding the influence of deposits on the operation of „multitube" type heat exchangers**

A theoretical analysis is performed of the consequences of the heat exchange coefficient within heat exchangers, being also given a calculation example which demonstrates the influence of deposits upon the thermical and hydrodynamical state of a „multitube" heat exchanger.

Energetica 27 (1979), nr. 4, p. 143–150

DC 621.694.001.2

Ghia, V. and *Cristea, E.* : **A method for improving the characteristics of mechanical injectors with vortex chambers**

There is theoretically and practically established the possibility of improving the burning characteristics of liquid fuels, atomized in mechanical injectors equipped with a vortex chamber, by increasing the number of tangential channels n. There is estimated the influence of parameter n on the flow coefficient, and angle and finess atomization.

Energetica 27 (1979), nr. 4, p. 150–160

DC 621.316.53 : 621–52

Covar, E. : **Control scheme for low voltage contact makers with reclosing following voltage gaps and the continuity monitoring of control circuits**

The paper deals with one of the important aspects regarding continuity in operation of industrial technological processes, and namely that of desensibilization of contact makers which operate the electric receivers at voltage gaps and microbreakings.

Energetica 27 (1979), nr. 4, p. 161–167

DC 621.3.014.31 : 621.315.62

Dăncilă, M. : **Aspects regarding the behaviour at mechanical tests of insulators previously subjected to the action of a long duration electric arch**

The results are shown of the tests performed regarding the behaviour of insulator chains subjected to electrical and mechanical stresses which can occur during operation.

Energetica 27 (1979), nr. 4, p. 168–175

REVIEWS

CHRONICLE

Unele probleme privind automatica din sistemul energetic al R.S.R.

Dr. ing. **N. Armencoiu**
și dr. ing. **G. Moraite***)

1. Considerații generale

Faptul că în ultimii cinci ani au avut loc avarii extinse în sistemele energetice ale mai multor țări conduce la necesitatea revizuirii concepției de organizare a automatizărilor de sistem, atît din stațiile rețelelor de transport al energiei electrice, cît și din centralele electrice.

Realizarea unor asemenea automatizări complexe de sistem pentru evitarea extinderii avariilor nu întîmpină în general dificultăți în ceea ce privește echipamentele necesare, tipurile de relee existente și teletransmisiile aferente satisfăcînd condițiile referitoare la caracteristicile de funcționare și de fiabilitate. Ceea ce apare însă din ce în ce mai evident este lipsa unor idei clare privind funcțiile pe care trebuie să le realizeze o asemenea automatică, corelarea acționărilor ei astfel încît să intervină eficient în diverse situații de perturbații grave în sistem. Numai lipsa unei asemenea concepții generale, care ar putea fi adaptată pentru orice sistem electroenergetic, explică avariile extinse din S.U.A., din 1965 și 1977, țară în care nivelul de automatizare din alte sectoare industriale este deosebit de ridicat. Dar analizele avariilor respective, ca și ale celor din alte țări, nu s-au finalizat prin elaborarea unor principii care să stea la baza reorganizării automatizărilor de sistem. Concluziile acestor analize s-au referit în general la măsuri de extindere a rețelei de transport, la dotarea cu grupuri generatoare de intervenție rapidă, la echilibrarea energetică a zonelor sistemului, la modificarea reglajelor releelor pentru descărcarea automată de sarcină la frecvență scăzută etc., măsuri necesare, dar nu suficiente. Aceste măsuri reduc riscul unor avarii extinse și pot contribui la limitarea ariei în care se propagă efectul unei perturbații grave. La adoptarea unor asemenea măsuri, dintre care unele necesită investiții importante, trebuie însă să se țină seama de următoarele aspecte.

Analiza tehnico-economică a problemei siguranței în funcționare a sistemelor energetice, bazată pe statistica incidentelor grave și pe evaluarea consecințelor acestora, poate conduce la un compromis acceptabil între dezvoltarea unor mijloace de producere și transport al energiei electrice, cu destinație specială pentru mărirea siguranței, și realizarea unor automatizări complexe de sistem, care, în general, comportă investiții mult mai puțin importante.

De asemenea, nu trebuie neglijat faptul că există perturbații grave care pot conduce la avarii extinse în orice sistem electroenergetic, chiar dacă s-au realizat măsurile de întărire a rețelei de transport și de dotare cu grupuri generatoare cu intervenție rapidă. Astfel, în cazul unor incidente care conduc la fenomene de instabilitate (de exemplu: scurtcircuite eliminate prin protecția de rezervă), care s-au manifestat de altfel în toate avariile grave extinse ce au avut loc în ultimii ani în diverse țări, există riscul unei evoluții atît de rapide a oscilațiilor în rețea (oscilații de mare amplitudine), încît declanșarea necontrolată a liniilor și surselor este inevitabilă dacă automatica de sistem nu intervine rapid pentru amortizarea acestor oscilații [1].

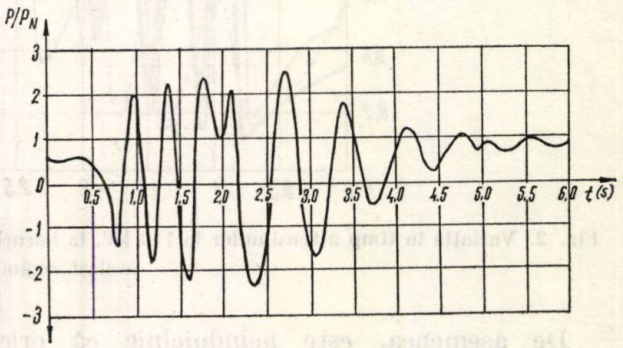


Fig. 1. Variația în timp a puterii active, P, la bornele unui generator de 100 MW într-un regim instabil provocat de un scurtcircuit trifazat în rețea.

Pentru aprecierea modului de desfășurare a unui astfel de regim tranzitoriu, în figurile 1–3 sînt prezentate rezultatele unei probe pe viu referitoare la comportarea unui grup turbogenerator de 100 MW [2], în cazul unui scurtcircuit trifazat în rețea eliminat după 0,5–0,6 s. Se remarcă amplitudinea mare a oscilațiilor de putere activă, P, la bornele generatorului, raportată la puterea nominală, P_N (fig. 1), precum și a tensiunii la borne (U_b), în rețeaua de 110 kV, respectiv pe barele de 6 kV ale serviciilor proprii. În astfel de regimuri instabile, frecvența medie în sistem poate să nu scadă pînă la valorile la care ar acționa automatizările de descărcare a sarcinii la scăderea frecvenței (DASF).

O automatică de sistem judicios organizată este strict necesară în orice sistem electroenergetic, fără ca prin aceasta să se suplinească slaba dezvoltare a rețelei de transport sau existența unor zone cu deficit mare de putere, situații în care automatica va acționa mai frecvent, cu sacrificarea unor mari tranșe de consum, deci cu efecte economice nefavorabile.

*) Dr. ing. N. Armencoiu este directorul ISPE; dr. ing. G. Moraite este inginer proiectant principal la ISPE.

Desigur că există dificultăţi în elaborarea unei concepţii de organizare a unei automatizări complexe de sistem pentru evitarea extinderii avariilor, datorită marii diversităţi a tipurilor de perturbaţii care pot avea loc în reţea şi a fenomenelor care le însoţesc.

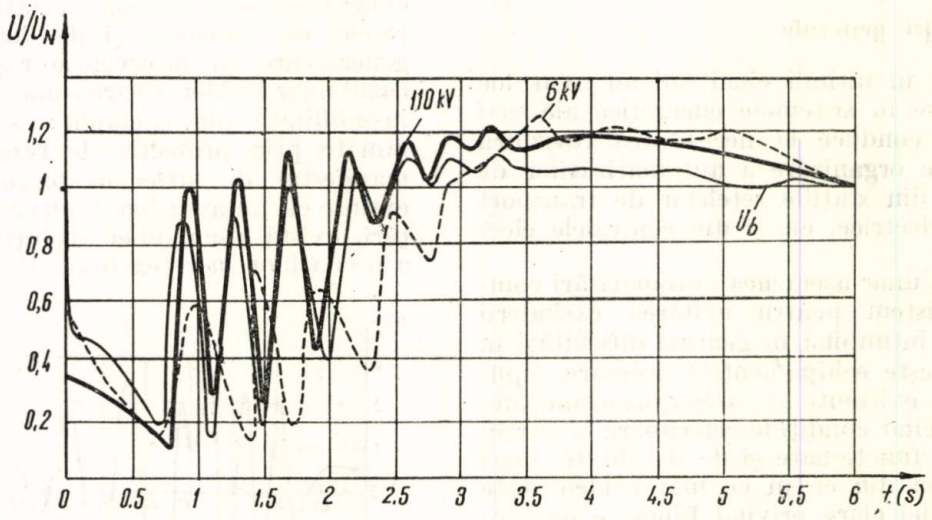


Fig. 2. Variaţia în timp a tensiunilor la 110 kV, la bornele generatorului (U_b) şi pe bara de 6 kV a serviciilor interne în acelaşi regim instabil ca în fig. 1.

De asemenea, este neîndoielnic că orice automatizare poate acţiona uneori parţial neselectiv sau inutil, dar asemenea deficienţe pot fi reduse în mare măsură atît prin judicioasa rezervare a elementelor de automatizare, cît, mai ales, printr-o aprofundată analiză a crite-

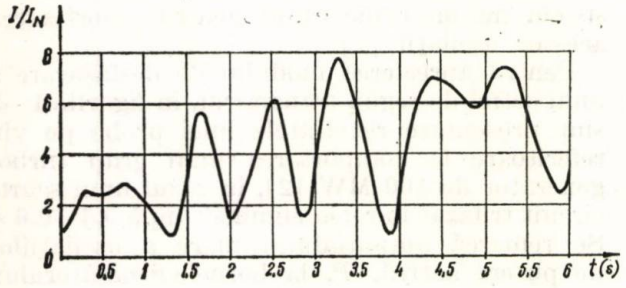


Fig. 3. Variaţia în timp a curentului absorbit de motorul pompei de alimentare cu apă, din cadrul serviciilor interne, a grupului de 100 MW, în acelaşi regim instabil ca în fig. 1.

riilor de acţionare a automaticii. Aceste criterii vor trebui continuu îmbunătăţite şi după darea în funcţiune a automaticii, pe baza unei permanente şi sistematice urmăriri a modului în care se comportă automatica în exploatare.

De asemenea, prin instrucţiunile de acţionare a comenzii prin dispecer la diversele ei trepte, trebuie să se asigure anumite intervenţii manuale în cazul unor perturbaţii grave, dacă anumite tipuri de automatizări nu au acţionat eficient. Pentru aceasta este necesară asigurarea semnalizărilor în punctele de intervenţie manuală, a anumitor parametri (frecvenţă, tensiune etc.), care să caracterizeze avaria de sistem.

Prin colaborarea specialiştilor din domeniul cercetării, proiectării şi exploatării sistemelor energetice, în unele ţări (U.R.S.S., Franţa, S.U.A., Italia, Suedia etc.) s-au realizat unele automatizări de sistem, în continuă evoluţie şi perfecţionare.

Deoarece în prezent este în plină desfăşurare acţiunea de realizare a unor automatizări de sistem în R.S.R., se prezintă în cele ce urmează o scurtă trecere în revistă a concepţiei de organizare în ansamblu a acestora, concepţie prezentată schematic în figura 4.

2. Automatizări pentru evitarea regimurilor instabile

În prezent, automatica de bază în sistemul electroenergetic al R.S.R. este constituită din relee de frecvenţă care acţionează declanşarea unor tranşe de consum, la scăderea frecvenţei (DASF) sub 48,5 Hz. Acest tip de automatică nu are în general condiţii de acţionare decît într-o fază avansată de extindere a avariei. De asemenea, DASF nu acţionează la nivele scăzute de tensiune sau în regimuri instabile însoţite de oscilaţii ale tensiunii în reţea. În consecinţă, DASF rămîne un tip de automatică util pentru intervenţii în situaţii în care frecvenţa scade în sistem (şi cu o viteză care nu depăşeşte circa 1 Hz/s), continuu, fără a fi eficient în cazul fenomenelor de instabilitate care au avut loc în majoritatea avariilor extinse înregistrate pînă în prezent în diverse ţări.

Pentru prevenirea regimurilor instabile există în funcţiune în SE al R.S.R. cîteva automatizări cu acţionare locală, de exemplu în staţiile de 220 şi 400 kV Porţile de Fier, care la suprasarcini în reţeaua locală acţionează declanşarea unor grupuri hidrogeneratoare; în staţia de 220 kV Arad, care, la suprasarcini pe cărei depăşire conduce la oscilaţii de sistem, situaţii în care pot avea loc declanşări de surse şi consumatori, ajungîndu-se la o avarie extinsă.

2.2. Descărcarea automată rapidă a grupurilor generatoare din zonele excedentare de putere (zona de sud-vest din SEN), cu controlul puterii

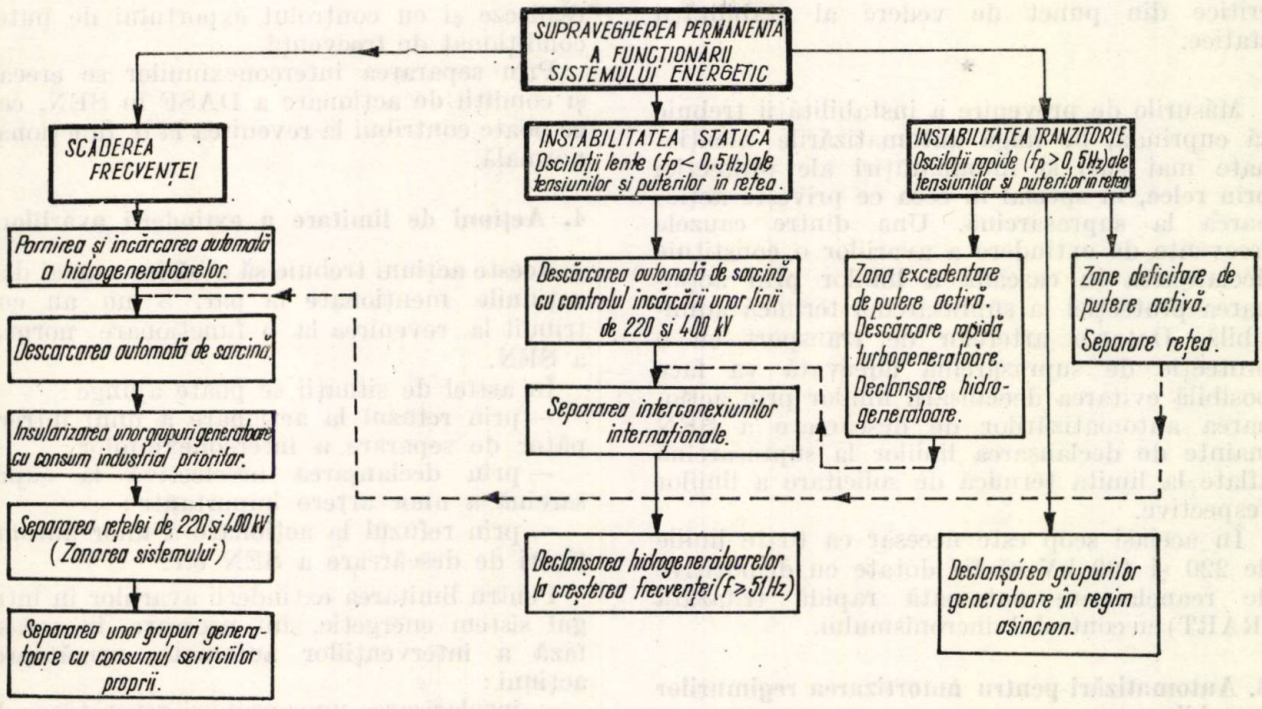


Fig. 4. Organizarea acţiunilor automate pentru evitarea extinderii avariilor în cazul unor perturbaţii grave în sistemul electroenergetic.

linia Szeged, acţionează declanşarea acestei linii etc. Aceste automatizări nu realizează decît un control local al unor parametri cu stabilitatea nodurilor respective, dar ele nu au condiţii de acţionare în situaţii în care perturbaţiile se produc în alte zone ale sistemului energetic naţional. De asemenea, criteriile după care acţionează aceste automatizări, selectivitatea lor, sînt susceptibile de îmbunătăţiri importante.

Studii ISPE, elaborate în etapa 1972—1977, au condus la o concepţie de ansamblu a organizării automatizărilor în SEN, bazată atît pe analiza unor regimuri speciale de funcţionare simulate, provocate de perturbaţii grave, cît şi pe soluţiile adoptate în alte ţări. Conform acestei concepţii, automatizările pentru prevenirea instabilităţii vor trebui să realizeze următoarele funcţiuni (fig. 4):

2.1. Descărcarea automată de sarcină cu controlul puterii active vehiculate pe anumite linii şi al nivelului de tensiune din anumite staţii de 220 şi 400 kV (DASP) ale SEN. Prin aceasta se urmăreşte evitarea supraîncărcării unor artere (ca urmare, de exemplu, a declanşării altor linii) pînă la limita de stabilitate, a active vehiculate pe liniile de transport care interconectează zona excedentară cu zonele deficitare de putere activă.

Prin aceasta se urmăreşte acelaşi scop ca cel menţionat la punctul *2.1.*

Descărcarea automată parţială de sarcină în intervale de timp care nu depăşesc 300 – 500 ms este necesară atît pentru menţinerea funcţionării stabile, cît şi pentru amortizarea oscilaţiilor în cazul unor regimuri instabile. Dacă însă această descărcare nu se poate realiza decît în intervale de timp mai mari, de ordinul 1—3 s, acţiunea rămîne utilă pentru prevenirea instabilităţii statice şi la ea este necesar să participe şi unele hidrogeneratoare de mare putere, de exemplu cele din CHE Porţile de Fier.

2.3. Secţionarea la suprasarcină a reţelei de 110 kV, suprasarcini care pot apărea în special în cazul declanşării unor linii de 220 sau 400 kV. Fără astfel de secţionări se poate ajunge la nivele scăzute de tensiune pe barele de 110 kV ale unor centrale şi la amorsarea fenomenelor de instabilitate.

2.4. Pornirea automată rapidă a unor grupuri hidrogeneratoare la frecvenţă scăzută limitează acţionarea DASF şi evită supraîncărcarea

liniilor de interconexiune internaţională în cazul unor perturbaţii care conduc la un deficit important de putere în sistemele energetice interconectate (SEI).

De asemenea, pornirea automată rapidă a grupurilor hidrogeneratoare din zonele deficitare de putere, cu controlul puterii vehiculate spre aceste zone, contribuie la evitarea stărilor critice din punct de vedere al stabilităţii statice.

*

Măsurile de prevenire a instabilităţii trebuie să cuprindă, pe lîngă automatizările menţionate mai sus, şi îmbunătăţiri ale protecţiei prin relee, în special în ceea ce priveşte acţionarea la suprasarcină. Una dintre cauzele frecvente de extindere a avariilor o constituie declanşarea în cascadă a liniilor prin acţionarea protecţiei la suprasarcină termică admisibilă. Dotarea arterelor de transport cu o protecţie de suprasarcină adecvată va face posibilă evitarea declanşării liniilor prin acţionarea automatizărilor de descărcare a SEN înainte de declanşarea liniilor la suprasarcină aflate la limita termică de solicitare a liniilor respective.

În acelaşi scop este necesar ca toate liniile de 220 şi 400 kV să fie dotate cu dispozitive de reanclanşare automată rapidă trifazată (RART) cu controlul sincronismului.

3. Automatizări pentru amortizarea regimurilor instabile

Dacă prin acţionarea tipurilor de automatizare indicate la par. 2 nu s-a menţinut funcţionarea stabilă a SEN în ansamblul său, este necesară intervenţia automatizărilor care să sesizeze apariţia oscilaţiilor sau a scăderii continue a tensiunii în anumite noduri, fenomene caracteristice pentru regimurile instabile [1].

Această a doua categorie de automatizări este destinată amortizării oscilaţiilor şi readucerii SEN la o funcţionare stabilă prin descărcarea parţială de sarcină. În acest scop, automatizările respective vor trebui să realizeze următoarele funcţiuni :

3.1. Descărcarea rapidă a grupurilor din zona excedentară de putere cu 20—40% din puterea nominală, la sesizarea oscilaţiilor (de putere, tensiune etc.) în staţia de înaltă tensiune a centralei respective.

3.2. Dacă oscilaţiile continuă după acţionarea automatizărilor menţionate la pct. 3.1, este necesară în continuare separarea interconexiunilor internaţionale la oscilaţii prelungite şi nivel scăzut de tensiune. Este preferabilă separarea automată a interconexiunilor cu zone de consum din SEN, pentru valorificarea maximă a ajutorului de avarie. Această separare automată este necesar să se realizeze şi cu controlul puterii active maxime importate, pentru evitarea instabilităţii datorită suprasarcinii pe arterele respective şi pentru evitarea declanşării intempestive a liniei de interconexiune respective la fluctuaţii lente ale puterii de schimb.

De asemenea, separarea automată a interconexiunilor internaţionale este necesar să se realizeze şi cu controlul exportului de putere condiţionat de frecvenţă.

Prin separarea interconexiunilor se creează şi condiţii de acţionare a DASF în SEN, ceea ce poate contribui la revenirea la o funcţionare normală.

4. Acţiuni de limitare a extinderii avariilor

Aceste acţiuni trebuie să aibă loc numai dacă acţiunile menţionate la par. 3 nu au contribuit la revenirea la o funcţionare normală a SEN.

În astfel de situaţii se poate ajunge :

— prin refuzul la acţionare a unui întrerupător de separare a interconexiunilor ;

— prin declanşarea neselectivă la suprasarcină a unor artere importante :

— prin refuzul la acţionare a unor automatizări de descărcare a SEN etc.

Pentru limitarea extinderii avariilor în întregul sistem energetic, sînt necesare, în această fază a intervenţiilor automate, următoarele acţiuni :

— insularizarea unor grupuri generatoare din cadrul platformelor industriale pe un consum local prioritar, la nivel scăzut de frecvenţă ;

— zonarea reţelei de 220 şi 400 kV la oscilaţii cu controlul deficitului de putere activă. Acest tip de automatică este de cea mai mare complexitate şi adoptarea lui necesită analize aprofundate în continuare, în special în ceea ce priveşte organizarea teletransmisiilor necesare pentru separare şi pentru DASP imediat înainte de separare, dacă deficitul zonei depăşeşte o anumită valoare ;

— izolarea cîte unui grup generator din fiecare centrală pe serviciile proprii, la nivel scăzut de frecvenţă, pentru reducerea intervalului de timp de repornire a centralei respective în cazul opririi celorlalte grupuri pe parcursul desfăşurării avariei ;

— declanşarea grupurilor generatoare care au ieşit din sincronism, fenomen sesizat prin inversarea sensului puterii active la bornele maşinii, simultan cu scăderea tensiunii la borne sub 60 % din valoarea nominală, sau cu scăderea impedanţei aparente la bornele generatorului etc.

*

Desigur că eşalonarea în timp a acţionărilor automatizărilor menţionate în par. 2, 3 şi 4, cît şi criteriile propuse necesită confruntări

și cu soluțiile adoptate în alte țări, care au în funcțiune, de mai mulți ani, diferite tipuri de automatizări. Experiența în exploatare cu asemenea automatizări este de cea mai mare importanță pentru siguranța în funcționare a SEN. Această experiență poate fi obținută numai prin urmărirea atentă și sistematică a comportării în exploatare a automatizărilor. În acest mod vor rezulta informații utile asupra necesității îmbunătățirii unor scheme de automatică, a folosirii unor tipuri de relee mai selective și mai fiabile, a adaptării reglajelor la regimurile de funcționare reale, rezervărilor necesare ale elementelor din schemă, organizării verificării periodice a automatizărilor cu instalațiile în funcțiune etc.

În cadrul acestor preocupări trebuie să se țină seama și de faptul că nefuncționarea unor automatizări poate conduce la extinderea avariei (de exemplu, în cazul zonării incomplete). Astfel de situații pot fi prevenite în mare măsură prin testarea atentă a echipamentelor respective, verificarea lor în exploatare la intervale de timp mai reduse decît se prevede în instrucțiunile existente și prin instructajul personalului de exploatare pentru a interveni eficient în cazul desfășurării lente (pe durate de ordinul a 2—3 minute) a propagării efectului perturbației grave în sistem.

În ceea ce privește automatica de zonare, cea mai complexă dintre toate tipurile de automatizări menționate, reușita acționării ei depinde în cea mai mare măsură de echilibrarea zonelor care urmează a se separa ca producție și consum de energie electrică. Această condiție trebuie avută în vedere la amplasarea noilor centrale electrice în zonele deficitare de putere, cu referire specială la centralele nuclearoelectrice.

Totodată, acțiunea de creștere în permanență a eficienței automatizărilor de sistem necesită și o preocupare susținută în domeniul cercetării, atît în ceea ce privește comportarea SEN în regimurile tranzitorii provocate de perturbații grave, cît și posibilitățile de adaptare a caracteristicilor elementelor de automatizare la condițiile de funcționare și de fiabilitate rezultate din urmărirea comportării în exploatare a automatizărilor și a perfecționărilor realizate în alte țări.

În cele ce urmează se menționează cîteva dintre problemele care ar trebui să facă obiectul cercetării.

5. Cercetări necesare pentru mărirea eficienței automatizărilor de sistem

Aceste cercetări se referă atît la metodologii noi de calcul pentru aprofundarea analizei fenomenelor complexe care se succed în cazul avariilor extinse, cît și la asimilarea unor echipamente cu anumite caracteristici, care să permită mărirea selectivității și eficienței automatizărilor.

5.1. Analiza regimurilor tranzitorii desfășurate pe termen lung (de ordinul a 10—15 minute), cu modelarea complexă a sarcinilor și reglajelor grupurilor generatoare, este de mare utilitate pentru studiul condițiilor de insularizare și zonare a rețelei și pentru organizarea și reglajul DASF și DASP.

Obținerea prin calcul a modului de variație a frecvenței și nivelurilor de tensiune în zona insularizată este de cea mai mare importanță pentru stabilirea tipurilor de automatizări pentru zonare. Astfel, ar putea rezulta din calcule necesitatea dublării releelor pentru DASF cu relee care sesizează viteza de variație a frecvenței ($\Delta f/\Delta t$), reorganizarea DASP în zona respectivă, reglajul necesar al automatizărilor de zonare și de DAS etc.

De asemenea, cu ajutorul unui program de calcul specializat, care să permită analiza detaliată a regimurilor tranzitorii pe durate de ordinul a 10—30 s, vor trebui analizate condițiile de reprindere în sincronism a turbogeneratoarelor și hidrogeneratoarelor, începînd cu grupurile-bloc la tensiunea de 220 și 400 kV, în vederea stabilirii caracteristicilor necesare pentru automatizarea care acționează la ieșirea din sincronism a acestor grupuri.

Pentru această analiză este necesară și determinarea pe cale experimentală a anumitor caracteristici ale grupurilor generatoare (constante de timp, factori de amplificare etc.) și ale sarcinii din anumite noduri ale rețelei.

5.2. Cercetarea caracteristicilor pendulațiilor care pot apărea în SEN, în diverse configurații caracteristice și pentru anumite tipuri de perturbații. Interesează în special situațiile în care pot să apară oscilații lente de tensiune și putere în rețeaua de transport a energiei electrice, oscilații cu pseudoperioade de ordinul a 5—10 s, care pot conduce la declanșări la suprasarcină, în cascadă, a liniilor, a surselor și a sarcinii. Datorită acestor efecte, pendulațiile lente sînt mai periculoase decît pendulațiile cu pseudoperioade de 1—2 s, dacă acestea din urmă nu sînt de amplitudine atît de mare încît să conducă la acționarea protecțiilor de distanță de pe linii în treapta 1 sau 2, fenomen care are loc mai rar și în general numai la ieșirea din sincronism a unor grupuri generatoare de mare putere.

Printr-o astfel de analiză a caracteristicilor pendulațiilor care apar în sistem în regim static sau dinamic instabile, se vor putea selecta situațiile periculoase cu condiții de extindere a avariei, determinîndu-se volumul necesar de tranșe de consum care trebuie sacrificate, reglajul automatizărilor de sistem (DASP, descărcări rapide de sarcină a grupurilor generatoare etc.), pentru evitarea sau amortizarea primelor

oscilații, astfel încît să se evite evoluția lor în oscilații periculoase.

5.3. Elaborarea unor criterii și programe speciale de calcul pentru corelarea reglajelor automate de tensiune și viteză ale grupurilor generatoare.

Lipsa unei asemenea corelări a adaptării parametrilor reglajului (statism, factori de amplificare etc.), ale reglajelor de diferite tipuri ale grupurilor generatoare mari (în special ale celor din centralele care funcționează în aceeași zonă a SEN, de exemplu Porțile de Fier, Rovinari, Turceni și Ișalnița, în primul rînd), poate conduce la amplificarea unor oscilații în rețeaua de 400 și 220 kV chiar și în cazul unor perturbații mai puțin grave în rețea.

5.4. În ceea ce privește caracteristicile echipamentelor, de primă importanță este problema realizării condițiilor pentru descărcarea rapidă de putere activă a grupurilor generatoare la primirea unui impuls de la automatica de sistem. Această descărcare, de la puterea activă nominală debitată la 40—50 % din această valoare, este util să fie realizată în 300—400 ms pentru eficiența automatizării care acționează la instabilitate dinamică.

Această acțiune de cercetare revine constructorului părții termomecanice a grupurilor generatoare și ar trebui să înceapă cu grupurile de 330 MW și cu cele de 50 MW și să continue cu celelalte tipuri de grupuri fabricate în țară și cu hidrogeneratoarele-bloc la 220 kV. Realizări importante în această problemă s-au obținut în U.R.S.S. și S.U.A. [3], [4].

5.5. Condițiile de fiabilitate necesare pentru elementele de automatizare și pentru căile de teletransmisie a impulsului de acționare constituie o altă direcție de cercetare, care va trebui finalizată prin stabilirea rezervărilor necesare în întregul ansamblu care condiționează siguranța în funcționare a automaticii respective (alimentarea circuitelor secundare, relee, întrerupător etc.).

5.6. Pentru realizarea DASP cu teletransmisia impulsului de declanșare a sarcinii în diferite stații, este necesară cercetarea diverselor căi posibile de teletransmisie pentru stabilirea variantei optime din punct de vedere tehnico-economic.

Această cercetare este utilă și pentru realizarea altor tipuri de acționare centralizată în SEN.

5.7. Cercetări pentru realizarea protecției la suprasarcină a liniilor electrice (începînd cu cele de 220 și 400 kV), astfel încît să se evite declanșarea în cascadă a liniilor prin acționarea protecției de distanță, în treapta de demaraj.

Actualmente, declanșarea la suprasarcină a liniilor se face prin protecție după durate de 3—4 s, cu toate că după apariția unei suprasarcini pe linie (peste limita termică), temperatura maximă admisibilă pentru elementele de linie este atinsă după durate de minimum 3 minute. Dacă ar exista o protecție care să țină seama de această condiție, s-ar evita declanșările în cascadă ale liniilor, deoarece în intervalul de 3 minute ar acționa atît automatizările de descărcare a liniilor respective (care acționează cu o temporizare de minimum 3—4 s), cît și descărcări manuale suplimentare de sarcină la semnalizarea în stații a suprasarcinilor pe linii, dacă DASP nu a acționat în măsură suficientă.

În Franța există de peste zece ani o protecție specială la suprasarcină în rețeaua de 380 kV, realizată cu relee de curent.

Cercetarea în această problemă ar trebui să se refere la solicitările maxime ale elementelor de linii, la suprasarcini pe linie, și, în corelație cu acestea, la tipul de protecție la suprasarcină avantajos tehnico-economic.

5.8. Pentru etapa de perspectivă 1981—1985 ar fi de asemenea utilă efectuarea unor cercetări în legătură cu oportunitatea realizării reglajului automat al tensiunii și puterii reactive în rețeaua de transport de 400 kV, cu anumite funcțiuni speciale pentru intervenția automată în cazul unor perturbații grave care provoacă scăderea continuă a nivelului în rețeaua de 400 kV sau oscilații în sistem.

Și pentru instalațiile existente de reglaj automat al frecvenței și puterii de schimb se pune problema cercetării posibilităților de extindere a actualelor funcțiuni, pentru intervenție automată în caz de perturbații care conduc la suprasarcini pe liniile de interconexiune internațională ale SEN sau la alte fenomene corelate cu acestea.

5.9. Pentru a fi posibilă analiza cît mai eficientă a fenomenelor complexe care au loc în SEN, în regimuri tranzitorii, în scopul îmbunătățirii permanente a tipurilor de automatizări de sistem și a reglajelor acestora, este necesară dotarea stațiilor de 400 kV (în special) cu aparate înregistratoare cu viteză mărită, care să permită evaluări cantitative suficient de precise ale variației în timp ale puterilor și tensiunilor în rețea.

Cu actualele osciloperturbografe nu este posibilă decît o apreciere calitativă a variației parametrilor menționați, din care cauză nu se pot trage concluzii referitoare la acționarea protecțiilor prin relee din rețea și a automatizărilor existente. Cercetarea în această problemă ar trebui să se refere la caracteristicile unor astfel de dispozitive utilizate în diverse țări și la posibilitățile de asimilare în țară a unor echipamente corespunzătoare.

*

Organizarea automaticii de sistem pentru evitarea extinderii avariilor constituie una dintre problemele cele mai complexe ale siguranței

în funcţionarea sistemelor energetice interconectate.

Avariile grave înregistrate în diverse sisteme energetice într-o perioadă scurtă de timp (1977—1978) au scos în evidenţă faptul că nu există o concepţie unitară şi clară asupra celor mai eficiente automatizări.

Chiar după avaria extinsă din S.U.A. (noiembrie 1965) nu s-au întreprins acţiuni de introducere a unor automatizări de stabilizare a regimurilor după perturbaţii grave, cu toate că s-a constatat că DASF nu este suficient în regimuri oscilante. Aşa se explică şi extinderea avariei din zona New York din 13—14 iulie 1977.

Considerăm că automatica de sistem pentru descărcarea şi zonarea reţelei, în cazul unor perturbaţii grave, reprezintă o necesitate indiscutabilă, că această automatică trebuie realizată la început în soluţii mai simple (cu comenzi locale), pentru ca, pe măsura aprofundării studiilor bazate şi pe urmărirea comportării în exploatare a dispozitivelor respective, să se treacă la acţiuni automate telecomandate.

În cele de mai sus s-au expus puncte de vedere asupra criteriilor de organizare a automaticii şi a cercetărilor necesare, ţinînd seama şi de anumite caracteristici funcţionale ale sistemului electroenergetic al R.S.R.

Bibliografie

[1] Moraite, G. *Asupra unor automatizări pentru mărirea siguranţei în funcţionare a sistemului electroenergetic în regimuri tranzitorii.* În: Energetica, 22, nr, 6—7, 1974.

[2] Creţu, Gh. *Probele efectuate la grupurile de 60 şi 100 MW de la CET Galaţi.* În: Energetica 20, nr. 5, 1972, p, 198—204.

[3] * * * *Automation and stability control for large generating units.* CIGRE, Study Commitee nr, 34, Colloquium Praga, mai-iunie 1973.

[4] Cushing, E.W., Drechsler, G. E. şi Stewart N.R. *Fast valving as an aid to power system transient stability and prompt resynchronisation and rapid reload after full load rejection.* În: IEEE Trans. on PAS — 91, iulie-august 1972.

(Articol intrat în redacţie la 20 noiembrie 1978)

Influenţa aerului infiltrat în condensatoarele turbinelor cu abur asupra economicităţii funcţionării. Situaţii în care prezenţa aerului este mai defavorabilă

Ing. **C. Dumitru***)

Prezenţa aerului infiltrat în spaţiul de abur al condensatorului prilejuieşte, datorită înrăutăţirii schimbului de căldură, o înrăutăţire a vidului în condensatorul turbinei, însoţită firesc de creşterea consumului specific de combustibil.

Articolul de faţă îşi propune să evidenţieze regimurile de funcţionare ale grupului pentru care infiltraţiile de aer pot interveni cu o pondere mai mare la înrăutăţirea economicităţii funcţionării. Se va prezenta situaţia cu referire la: încărcarea grupului, gradul de murdărire al condensatorului, cît şi la temperatura apei de răcire la intrarea în condensator.

1. Privitor la încărcarea grupului

În cele ce urmează se va demonstra că, pe măsură ce scade sarcina grupului, influenţa aerului creşte. La valorile vidului întîlnite curent în exploatarea turbinelor cu abur, se poate considera că debitul de aer infiltrat nu este dependent de sarcină, respectiv de încărcarea termică a condensatorului. La sarcini reduse ale grupului, debitul de abur la condensator scade, iar participaţia aerului în amestec creşte. Pentru a ilustra modul în care variază coeficientul de schimb de căldură prin convecţie de la abur la ţevi s-a reprodus, după Bliudov [1], diagrama din figura 1. Se observă

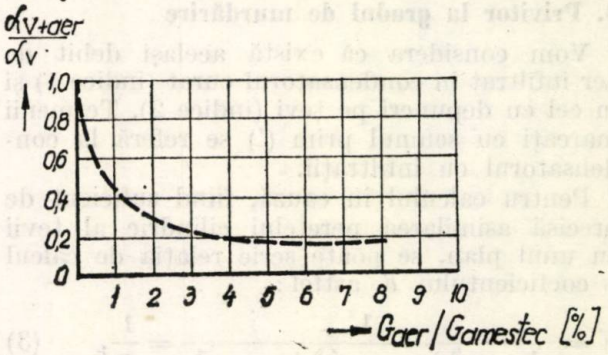


Fig. 1. Variaţia coeficientului de schimb de căldură prin convecţie în funcţie de participaţia aerului.

*) Ing. Constantin Dumitru este cercetător ştiinţific la ICEMENERG.

scăderea destul de accentuată a coeficientului de schimb de căldură al amestecului abur-aer (α_{v+aer}) față de coeficientul de schimb al aburului curat (α_v). Explicația constă în faptul că aerul, care este un gaz necondensabil, cu un coeficient mic de transmisie a căldurii (10—15 kcal/m².h.grd), se acumulează în jurul țevilor, pe măsură ce vaporii se condensează. Pentru a se condensa în continuare, vaporii vor trebui să traverseze prin difuzie stratul de aer format. Fenomenul de transport al vaporilor și deci coeficientul de schimb de căldură sînt dependente de viteza de curgere a amestecului abur-aer. În lucrarea [2] se arată că intensitatea schimbului de căldură este dependentă de numărul Reynolds și de presiunea parțială a aerului, conform relației:

$$\frac{K_{v+aer}}{K} = f\left(\mathrm{Re}, \frac{P_{aer}}{P}\right), \qquad (1)$$

unde

K_{v+aer} este coeficientul global de transfer de căldură pentru amestecul abur-aer;
K — coeficientul global de transfer de căldură pentru abur pur;
Re — criteriul Reynolds;
P_{aer} — presiunea parțială a aerului în amestec;
P — presiunea din condensator.

S-a observat că dacă Re este mare (sarcini apropiate de sarcina nominală), coeficientul K_{v+aer} scade practic în mod liniar, cînd presiunea parțială a aerului crește. Dacă Re este mic, scăderea este rapidă și corespunde aproximativ legii:

$$K \cdot P_{aer} = \text{const.} \qquad (2)$$

Cele menționate anterior au fost observate experimental în timpul probelor la infiltrații suplimentare de aer efectuate la CTE Luduș, pentru diferite sarcini ale grupurilor.

Se poate deci trage concluzia că, pe măsură ce sarcina grupului scade, infiltrațiile de aer intervin cu o pondere din ce în ce mai mare în stabilirea valorii coeficientului de schimb de căldură în condensator.

2. Privitor la gradul de murdărire

Vom considera că există același debit de aer infiltrat în condensatorul curat (indice 1) și în cel cu depuneri pe țevi (indice 2). Termenii marcați cu semnul prim (′) se referă la condensatorul cu infiltrații.

Pentru calculul în cauză, fiind suficient de precisă asimilarea peretelui cilindric al țevii cu unul plan, se poate scrie relația de calcul a coeficientului K astfel:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{țeavă} + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{dep.} + \frac{1}{\alpha_v}} = \frac{1}{R}, \qquad (3)$$

în care

K este coeficientul de schimb de căldură;
α_w — coeficientul de convecție de la apă la țeavă;
α_v — coeficientul de convecție de la abur la țeavă;
δ — grosimea peretelui țevii, respectiv grosimea depunerii;
λ — coeficientul de conductibilitate termică;
R — rezistența termică.

2.1. *Cazul condensatorului curat*

Condensator curat și etanș. În acest caz, termenul $\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{dep} = 0$, iar coeficientul global de schimb termic devine:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{w_1}} + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right)_{țeavă} + \frac{1}{\alpha_{v_1}}} = \frac{1}{R_1}$$

Condensator curat cu infiltrații de aer. Se presupune că debitul de aer infiltrat a crescut față de situația de mai sus, iar termenul $\frac{1}{\alpha_{v_1}}$ devine $\frac{1}{\alpha'_{v_1}} > \frac{1}{\alpha_{v_1}}$.

$$K'_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_{w_1}} + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right)'_{țeavă} + \frac{1}{\alpha'_{v_1}}} = \frac{1}{R'_1} < K_1$$

Creșterea rezistenței termice față de situația anterioară este:

$$\Delta R_1 = R'_1 - R_1 \simeq \frac{1}{\alpha'_{v_1}} - \frac{1}{\alpha_{v_1}};$$

în procente: $\Delta R_1\ \% = \frac{R'_1 - R_1}{R_1} \cdot 100 = \frac{\frac{1}{\alpha'_{v_1}} - \frac{1}{\alpha_{v_1}}}{R_1} \cdot 100 \qquad (4)$

2.2. *Cazul condensatorului cu depuneri*

Condensator etanș cu depuneri. Coeficientul global de schimb va fi:

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{w_2}} + \left(\frac{\delta_2}{\lambda_2}\right)_{țeavă} + \left(\frac{\delta_2}{\lambda_2}\right)_{dep} + \frac{1}{\alpha_{v_2}}} = \frac{1}{R_2}$$

Condensator cu depuneri și cu infiltrații de aer. Termenul care se schimbă la mărirea debi-

tului de aer infiltrat este $\frac{1}{\alpha_{v_2}}$, care devine $\frac{1}{\alpha'_{v_2}} > \frac{1}{\alpha_{v_2}}$.

Creşterea rezistenţei termice faţă de situaţia fără infiltraţii este:

$$\Delta R_2 = R'_2 - R_2 \simeq \frac{1}{\alpha'_{v_2}} - \frac{1}{\alpha_{v_2}}$$

$$\Delta R_2\ \% = \frac{R'_2 - R_2}{R_2} \cdot 100 = \frac{\frac{1}{\alpha'_{v_2}} - \frac{1}{\alpha_{v_2}}}{R_2} \cdot 100 \quad (5)$$

Deoarece se poate considera că: $\frac{1}{\alpha_{v_1}} \simeq \frac{1}{\alpha_{v_2}}$ şi $\frac{1}{\alpha'_{v_1}} \simeq \frac{1}{\alpha'_{v_2}}$, avem:

$$\frac{1}{\alpha'_{v_1}} - \frac{1}{\alpha_{v_1}} \simeq \frac{1}{\alpha'_{v_2}} - \frac{1}{\alpha_{v_2}} \quad (6)$$

Dar pentru că $R_1 < R_2$, rezultă că:

$$\Delta R_1 \% > \Delta R_2\ \% \quad (7)$$

Deci variaţia procentuală a rezistenţei termice, care se datorează prezenţei aerului în amestec, este mai mare pentru condensatorul curat. Făcînd raportul între ΔR_1 % şi ΔR_2 % se obţine:

$$\frac{\Delta R_1\ \%}{\Delta R_2\ \%} \simeq \frac{R_2}{R_1} \simeq \frac{K_1}{K_2} \simeq \frac{\Delta K_1\ \%}{\Delta K_2\ \%}, \quad (8)$$

unde $\Delta K_1\ \% = \frac{K_1 - K'_1}{K'_1} \cdot 100,$

iar $\Delta K_2\ \% = \frac{K_2 - K'_2}{K'_2} \cdot 100$

Rezultă că $\Delta K_1\ \% > \Delta K_2\ \%$. (9)

Se poate deci spune că, pentru condensatorul curat, o mărire a debitului de aer infiltrat atrage după sine o înrăutăţire $\Delta K_1\%$ a coeficientului global de schimb de căldură mai mare decît înrăutăţirea $\Delta K_2\%$ în cazul condensatorului murdar. Deci funcţionarea cu condensatorul curat face turbina mai sensibilă la infiltraţiile de aer în condensator. Dar schimbarea temperaturii de condensare (Δt_c), prilejuită de schimbarea lui K, este mult mai accentuată în cazul valorilor mici ale lui K (condensator murdar) (vezi şi fig. 2). Rezultă că efectul infiltraţiilor mărite de aer poate fi deci simţit defavorabil şi în situaţia condensatorului murdar.

În concluzie se poate afirma că, indiferent de starea de murdărire a condensatorului, trebuie avută în vedere o etanşeitate corespunzătoare faţă de aer, cu preponderenţă însă la stări curate ale condensatorului.

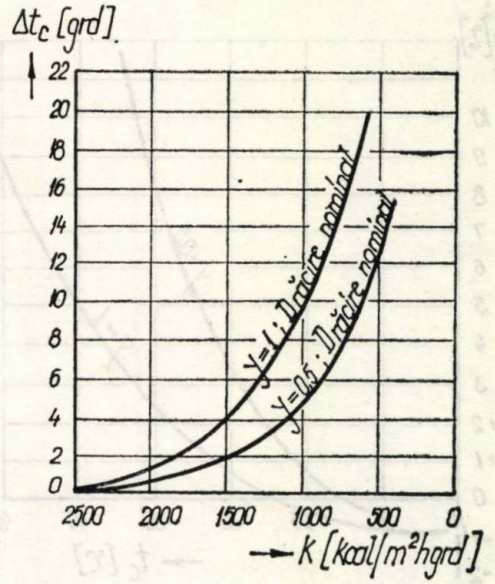


Fig. 2. Variaţia temperaturii de condensare datorită înrăutăţirii schimbului de căldură în condensator, la un grup de 100 MW.

Pentru acelaşi condensator este însă necesar să se evite pe cît posibil prezenţa aerului în zona fascicolelor de ţevi curate. Deoarece ţevile aflate la început în drumul aburului au o pondere mai mare în ceea ce priveşte cantitatea de abur condensat, trebuie acordată o atenţie deosebită curăţirii lor.

3. Privitor la temperatura apei de răcire la intrarea în condensator

Se ştie că modificarea puterii şi consumului specific al turbinei funcţie de temperatura de condensare este mai accentuată în domeniul temperaturilor ridicate (fig. 3). Acestea corespund unor temperaturi crescute ale apei de răcire la intrare. Rezultă deci că turbina va fi mai sensibilă la infiltraţiile de aer atunci cînd temperatura apei de răcire creşte (sezon cald sau funcţionare în circuit închis sau mixt).

Temperaturile scăzute ale apei de răcire determină firesc temperaturi scăzute de condensare. Dacă la sarcina nominală temperatura de condensare este mai mică de 25—30°C, ne situăm în domeniul cu volum specific ridicat al aburului (fig. 4), cînd se obţine viteza sunetului în secţiunea de ieşire a turbinei (fig. 5). În acest caz, scăderea în continuare a temperaturii de condensare nu duce la cîştig de putere. Se poate spune din acest punct de vedere că

iarna turbina este oarecum mai puţin sensibilă la infiltraţiile de aer în condensator, cu condiţia ca acestea să se păstreze în limitele admisibile, iar ceilalţi factori discutaţi să nu fie defavorabili. Se aminteşte însă că la temperaturi scă-

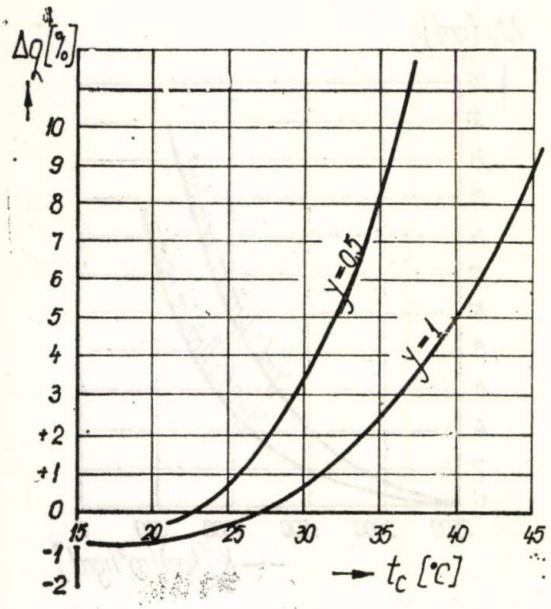


Fig. 3. Abaterea consumului specific în funcţie de temperatura la buraj, pentru un grup de 100 MW.

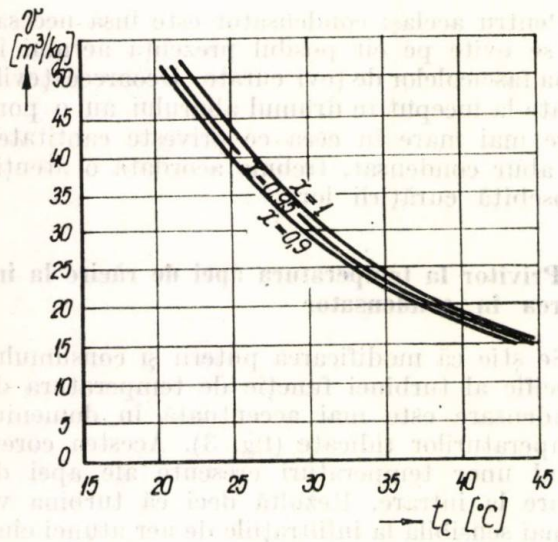


Fig. 4. Variaţia volumului specific al aburului umed în funcţie de temperatură.

zute ale apei de răcire creşte dizolvabilitatea aerului în condensat. În plus, indiferent de regim, prezenţa aerului infiltrat determină subrăcirea condensatului, ceea ce impune de asemenea un control permanent al pătrunderii aerului în condensator.

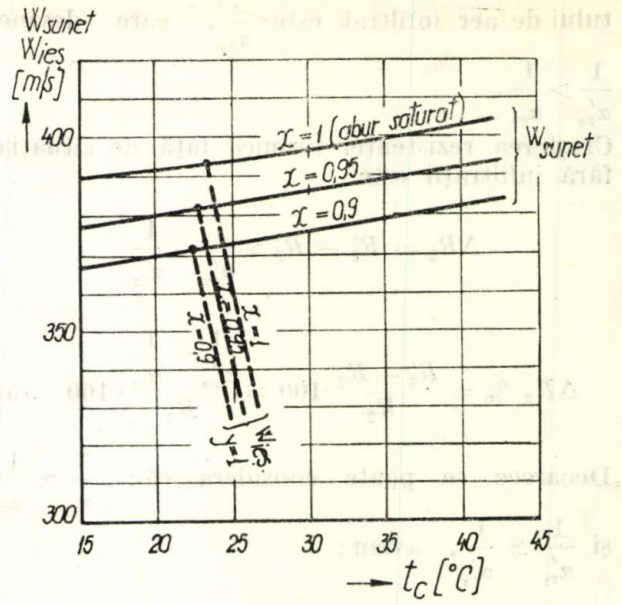


Fig. 5. Viteza sunetului în aburul umed în funcţie de temperatura de condensare şi titlul aburului (——), viteza axială a aburului la ieşirea din paletele ultimei trepte (- - -) pentru un grup de 100 MW.

Concluzii

În cele de mai sus s-a evidenţiat faptul că prezenţa aerului în condensatorul turbinei cu abur afectează oricînd negativ economicitatea funcţionării. Totuşi sînt situaţii cînd influenţa acestuia creşte, şi anume:

— sarcini scăzute ale condensatorului (a se vedea şi turbinele de termoficare pe timpul iernii);

— starea curată a condensatorului;

— temperaturi ridicate ale apei de răcire (vara sau în cazul circuitului închis sau mixt).

Bibliografie

[1] V l ă d e a, I. *Instalaţii şi utilaje termice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[2] O p l a t k a, G. *Bases théoriques et réalisation des condenseurs à plusieurs faisceaux et leur emploi pour les turbines à vapeur de grande puissance.* În: Revue Brown Boveri, iul.-aug. 1973.

[3] D u m i t r u, C. şi T r e a n ţ ă-G h i ţ e s c u, P. *Reducerea consumului specific de combustibil la turbinele cu abur cu condensaţie folosind o metodă de control permanent al infiltraţiilor aerului în condensator.* În: Energetica 26, nr. 9, 1978,

[4] D u m i t r u, C. *Cercetări privind îmbunătăţirea schimbului de căldură în condensatoarele centralelor termoelectrice Luduş şi Rovinari.* Anexa II la tema 5242, ICEMENERG — CIPEET, Bucureşti, noiembrie 1977.

(Articol intrat în redacţie la 20 octombrie 1978)

Considerații privind influența depunerilor în funcționarea schimbătoarelor de căldură de tip „multitubular"

Dr. ing. **C. Mihăilă**
și ing. **D. Plopeanu***)

Notații

a — difuzivitatea termică, m²/s
d — diametrul, m
k — coeficientul global de transfer de căldură, W/m²·K
l — lungimea, m
T — temperatura fluidului, K
w — viteza fluidului, m/s
$\dot{Q}$ — fluxul de căldură, W
α — coeficientul de transfer convectiv de căldură, W/m²·K
δ — grosimea, m
λ — conductivitatea termică, W/m·K
ν — viscozitatea cinematică, m²/s
φ — coeficientul de murdărire (de utilizare a suprafeței)

Indici

d — depuneri
e — exterior
f — fluid
i — interior
m — medie
0 — curat
p — perete

Criterii de similitudine

$\mathrm{Bi}^*_d = \dfrac{\alpha_{i_d} d_i}{\lambda_d}$ — criteriul Biot modificat al depunerilor

$\mathrm{Nu}_f = \dfrac{\alpha_{i_d} d_d}{\lambda_f}$ — criteriul Nusselt

$\mathrm{Pr}_f = \dfrac{\nu_f}{a}$ — criteriul Prandtl

$\mathrm{Re}_f = \dfrac{w d_d}{\nu_f}$ — criteriul Reynolds

$X_d = \dfrac{\delta_d}{d_i}$ — simplex

1. Considerații generale

În cadrul echipamentului utilizat în termoenergetică sau în unele procese industriale, condiționate de transferul căldurii, se întîlnesc numeroase tipuri constructive de schimbătoare de căldură. Dintre acestea, cele mai cunoscute sînt schimbătoarele de căldură cu fascicole de țevi mandrinate sau sudate în plăci tubulare și manta de protecție, denumite „multitubulare".

Proiectarea și construcția unui astfel de aparat termic urmăresc în principal:

— realizarea unui transfer rațional de căldură (sau, în anumite condiții, optim) între agenții termici;

— capacitatea de adaptare la regimul variabil în exploatare (debite, temperaturi ale agenților);

— consumul redus al energiei de pompare pentru vehicularea agenților.

Deși pereții schimbătorului de căldură sînt prevăzuți cu o protecție anticorosivă, reacțiile chimice între fluidele în circulație și materialul suprafeței de transfer de căldură provoacă apariția unor depuneri în exploatare; de asemenea, în unele cazuri, calitatea improprie a apei produce apariția unor depuneri de săruri (carbonați) pe suprafața schimbătorului de căldură.

Este știut că aceste depuneri, denumite în limbajul tehnic vulgar „piatră", introduc o rezistență termică conductivă suplimentară în transferul căldurii prin peretele de separație a agenților, datorită valorii reduse a conductivității lor termice ($\lambda_d = 0{,}8 \ldots 3$ W/m·K) [1], [2], [6].

De regulă, proiectantul de utilaje și aparate termice determină suprafața necesară în mod acoperitor, prin introducerea factorului de „murdărire" al suprafeței de transfer*), φ, după relația cunoscută:

$$k = \varphi k_0 \qquad (1)$$

În urma prelucrării datelor experimentale obținute prin testarea unor tipuri de schimbătoare de căldură industriale, care nu necesită o curățire frecventă, se recomandă valorile practice:

$$\varphi = 0{,}65 \ldots 0{,}86 \text{ [1], [2], [4], [6].}$$

Deoarece valoarea coeficientului φ depinde de numeroși parametri: influența depunerilor, natura lor chimică, influența zonelor de stagnare sau de vîrtejuri (turbioane) a agenților etc., rezultă că alegerea sa este adeseori subiectivă, depinzînd în final de experiența și documentarea proiectantului.

Consecințele sînt cunoscute: subdimensionarea sau supradimensionarea suprafeței de transfer de căldură, cu implicații defavorabile în exploatare; subrăcirea sau supraîncălzirea agenților în raport cu temperaturile corecte de regim; scăderea sau creșterea exagerată a fluxurilor de căldură; instabilitatea hidrodinamică etc.

În aceste condiții, cunoașterea corectă a fenomenelor provocate de existența depunerilor în exploatare, fenomene ignorate de multe ori de către proiectant, este obligatorie pentru o dimensionare sau o verificare corespunzătoare a suprafeței de transfer de căldură.

Este cunoscut că apariția depunerilor în exploatare, denumite în general „strat" de depuneri, reduce, în majoritatea cazurilor, transferul de căldură între agenții termici, conform relației:

$$\frac{k_d}{k_0} = \left(1 + \frac{k_0 \delta_d}{\lambda_d}\right)^{-1} = F\left(\frac{k_0 \delta_d}{\lambda_d}\right) = \varphi \qquad (2)$$

Notînd: $\mathrm{Bi}_0 = \dfrac{k_0 \delta_d}{\lambda_d}$ — numărul Biot modificat pentru transferul global al căldurii,

*) Dr. ing. C. Mihăilă este șef de lucrări la Catedra de termotehnică a Institutului de construcții București; D. Plopeanu este absolvent inginer al Facultății de instalații din același institut.

*) denumit și coeficientul de utilizare al suprafeței [1], [4], [9].

relația (2) devine :

$$\frac{k_d}{k_0} = F(\mathrm{Bi}_0) = \varphi \qquad (3)$$

În figura 1 este reprezentată grafic variația funcției $F(\mathrm{Bi}_0)$ după R. Gregorig [1].

De cele mai multe ori nu se poate evita apariția stratului de depuneri în schimbătoarele de căldură, datorită cheltuielilor mari de prevenire și din comoditatea exploatării.

Calculele tehnico-economice de rentabilitate stabilesc necesitatea curățirii (chimice, mecanice, electromagnetice etc.).

Pentru inginerul termotehnician se pune următoarea întrebare : în ce mod variază coeficientul global de transfer de căldură k, deci capacitatea ratei de transfer a schimbătorului, dacă se mărește grosimea stratului de depuneri ?

Această întrebare se poate reformula astfel : stratul depunerilor este totdeauna defavorabil pentru transferul convectiv al căldurii ?

În cele ce urmează, se răspunde la această întrebare tratîndu-se problema schimbătorului de căldură multitubular, pentru care apariția depunerilor este provocată de agentul termic care circulă la interiorul țevilor (fig. 2).

În cazul în care viteza medie a agentului din țevi, deci și pierderea sa de sarcină, se mențin constante, fluxul de căldură $\dot{Q}$ se va micșora odată cu creșterea grosimii depunerilor δ_d, la diferențe constante de temperatură între agenții termici.

Este cazul banal, frecvent întîlnit în analiza performanțelor unui schimbător de căldură.

În ipoteza menținerii unui debit constant de fluid interior care provoacă „strat" de depu-

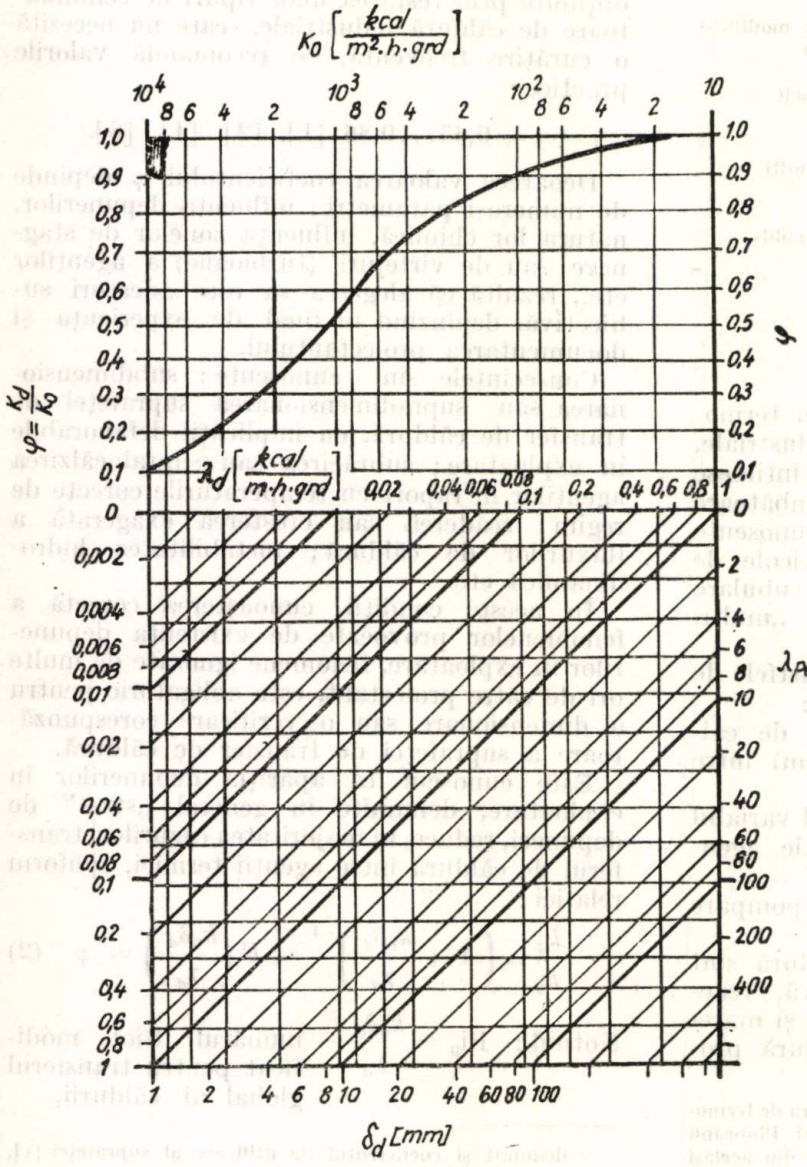


Fig. 1

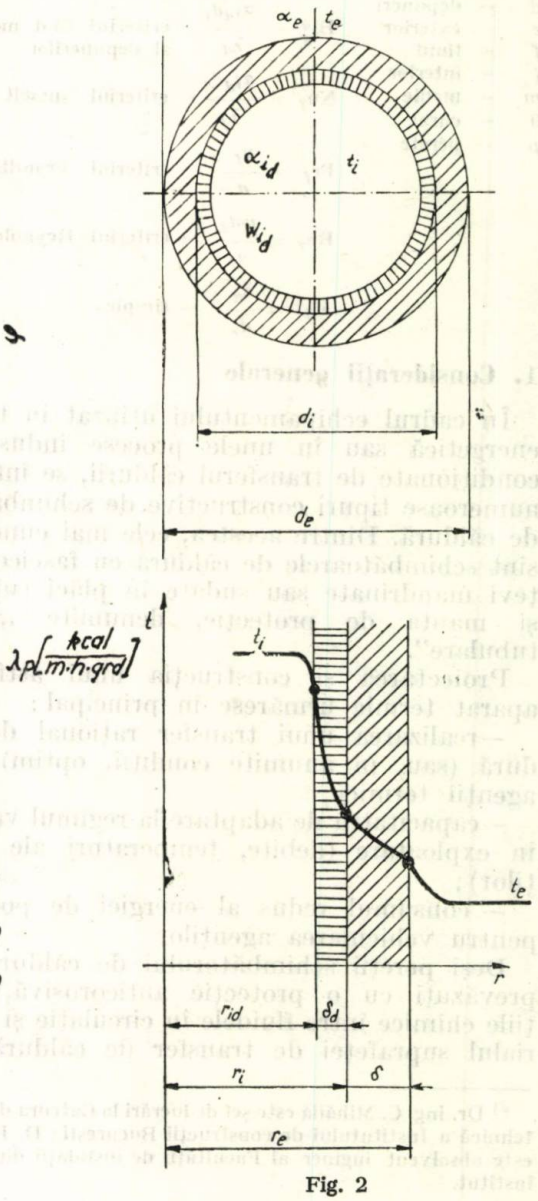


Fig. 2

neri, Gregorig [1] remarcă un rezultat interesant în cazul vehiculării cu pompe volumice: creşterea fluxului de căldură odată cu creşterea grosimii stratului de depuneri. Este de aşteptat ca această creştere să fie însoţită de o pierdere de sarcină suplimentară, deci de o creştere a cheltuielilor pentru energia de pompare.

2. Grosimea critică a stratului de depuneri şi influenţa sa asupra performanţelor termice ale unui schimbător de căldură

Transferul convectiv al căldurii, la curgerea agentului prin ţevi, în regimul forţat întîlnit în schimbătoarele de căldură este descris de ecuaţia criterială clasică:

$$\mathrm{Nu}_f = C\,\mathrm{Re}_f^a\,\mathrm{Pr}_f^b, \tag{4}$$

unde

$$\mathrm{Nu}_f = \frac{\alpha_{i_d} d_d}{\lambda_f}, \qquad \mathrm{Re}_f = \frac{w d_d}{\nu_f} \tag{5}$$

Pentru agenţii termodinamici obişnuiţi (lichide, aer şi gaze), se poate admite că produsul ($C\ \mathrm{Pr}_f^b$) din relaţia (4) este independent de grosimea stratului δ_d şi:

$$C\,\mathrm{Pr}_f^b \neq f(\delta_d), \qquad \mathrm{Re}_f \sim w d_d \tag{6}$$

Cu ipoteza verificată de experienţă (cu erori sub 5 %):

$$(\Delta T)_{m,d} \simeq (\Delta T)_{m_0} \simeq (\Delta T)_m,$$

fluxul de căldură transferat printr-o ţeavă a schimbătorului de căldură în cazul fără depuneri este dat de relaţia:

$$\dot{Q}_0 = \frac{\pi l\,\Delta T}{\dfrac{1}{\alpha_{i_0} d_i} + \dfrac{1}{2\lambda_p}\ln\dfrac{d_i+2\delta}{d_i} + \dfrac{1}{\alpha_e(d_i+2\delta)}}\ [\mathrm{W}], \tag{7}$$

iar în cazul existenţei depunerilor, de relaţia:

$$\dot{Q}_d = \frac{\pi l\,\Delta T}{\dfrac{1}{\alpha_{i_d}(d_i-2\delta_d)} + \dfrac{1}{2\lambda_d}\ln\dfrac{d_i}{d_i-2\delta_d} + \dfrac{1}{2\lambda_p}\ln\dfrac{d_i+2\delta}{d_i} + \dfrac{1}{\alpha_e(d_i+2\delta)}}\ [\mathrm{W}] \tag{8}$$

Cu ajutorul relaţiilor (4) şi (5), rezultă că:

$$\alpha_i \sim w^a d^{a-1} \tag{9}$$

Pentru un debit constant al fluidului din ţeavă, viteza sa de circulaţie variază invers proporţional cu pătratul diametrului, corespunzător ecuaţiei de continuitate şi deci:

$$\frac{w_0}{w_d} = \left(\frac{d_i - 2\delta_d}{d_i}\right)^2 \tag{10}$$

Din relaţiile (9) şi (10) se obţine imediat variaţia:

$$\alpha_{i_0} \sim w_0^a\, d_i^{a-1} \tag{11}$$

sau

$$\alpha_{i_d} \sim w_d^a (d_i - 2\delta_d)^{a-1} \tag{12}$$

Combinînd relaţiile (11), (12) cu relaţia (10), rezultă:

$$\frac{\alpha_{i_0}}{\alpha_{i_d}} = \left(\frac{w_0}{w_d}\right)^a \left(\frac{d_i}{d_i-2\delta_d}\right)^{a-1} = \tag{13}$$

$$= \left(\frac{d_i-2\delta_d}{d_i}\right)^{2a}\left(\frac{d_i}{d_i-2\delta_d}\right)^{a-1} = \left(\frac{d_i-2\delta_d}{d_i}\right)^{a+1}$$

Notînd cu X_d numărul adimensional (simplexul), care reprezintă influenţa stratului de depuneri:

$$X_d = \frac{\delta_d}{d_i}, \tag{14}$$

relaţia (13) devine:

$$\frac{\alpha_{i_0}}{\alpha_{i_d}} = (1-2X_d)^{a+1} \tag{15}$$

Cu relaţiile (15) şi (8), primul termen al numitorului relaţiei (8) devine:

$$\frac{1}{\alpha_{i_d}(d_i-2\delta_d)} = \frac{1}{\alpha_{i_d} d_i\left(1-2\dfrac{\delta_d}{d_i}\right)} = \frac{1}{\alpha_{i_d} d_i (1-2X_d)} = \frac{(1-2X_d)^a}{\alpha_{i_0} d_i} \tag{16}$$

Expresiile $(1-2X_d)^a$ şi $\ln\dfrac{d_i}{d_i-2\delta_d}$ din relaţiile (16) şi (8) se pot dezvolta în serie şi,

deoarece argumentul $X_d \ll 1$, ele admit o formă liniară satisfăcătoare, fiind rapid convergente:

$$\frac{1}{\alpha_{i_d}(d_i - 2\delta_d)} \simeq \frac{1 - 2aX_d}{\alpha_{i_0} d_i}$$

$$\ln \frac{1}{1 - 2X_d} \simeq 2X_d \tag{17}$$

Introducînd relaţia (17) în (8) şi, împreună cu relaţiile (7), (8) şi (14), se obţine, după transformări, raportul:

$$\frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_d} = 1 + \frac{\frac{X_d}{\alpha_{i_0} d_i}\left(\frac{\alpha_{i_d} d_i}{\lambda_d} - 2a\right)}{\frac{1}{\alpha_{i_0} d_i} + \frac{1}{2\lambda_p} \ln \frac{d_i + 2\delta_p}{d_i} + \frac{1}{\alpha_e (d_i + 2\delta_p)}} \tag{18}$$

Se observă că raportul $\frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_d}$ depinde de a, X_d şi un număr adimensional asemănător criteriului Biot:

$$\mathrm{Bi}_d^* = \frac{\alpha_{i_d} d_i}{\lambda_d}, \tag{19}$$

pe care îl vom denumi numărul Biot modificat al stratului de depuneri, raportat la suprafaţa curată a ţevilor.

$$\frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_d} = 1 + \frac{\frac{X_d}{\alpha_{i_0} d_i}(\mathrm{Bi}_d^* - 2a)}{\frac{1}{\alpha_{i_0} d_i} + \frac{1}{2\lambda_p} \ln \frac{d_i + 2\delta_p}{d_i} + \frac{1}{\alpha_e (d_i + 2\delta_p)}} \tag{20}$$

Deoarece numitorul fracţiei din relaţia (20) este totdeauna pozitiv, rezultă că numărătorul: $\frac{X_d}{\alpha_{i_0} d_i}(\mathrm{Bi}_d^* - 2a)$ poate fi pozitiv, negativ sau zero.

Cu alte cuvinte, funcţia:

$$\frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_d} = f(\mathrm{Bi}_d^*, X_d, a) \tag{21}$$

admite un extrem.

Se observă uşor că pentru:

$$\begin{aligned} &\mathrm{Bi}_d^* > 2a: \quad \dot{Q}_0 > \dot{Q}_d \\ &\mathrm{Bi}_d^* < 2a: \quad \dot{Q}_d > \dot{Q}_0 \end{aligned} \tag{22}$$

Rezultă o concluzie aparent paradoxală, şi anume: dacă stratul de depuneri creşte, transferul de căldură creşte, în ipoteza debitului constant al fluidului şi a diferenţei medii de temperatură constante între cei doi agenţi. Evident că această creştere este obţinută cu preţul creşterii suplimentare a pierderilor de sarcină în schimbător.

Pentru condiţia:

$$(\mathrm{Bi}_d^*)_{cr} = 2a \tag{23}$$

se obţine regimul termic critic la existenţa depunerilor în ţevi.

Caz particular

În cazul particular al unor rezistenţe termice repartizate egal pe suprafaţa interioară şi exterioară a ţevilor (cazul schimbătoarelor „apă-apă"):

$$\frac{1}{\alpha_{i_0} d_i} \simeq \frac{1}{\alpha_e (d_i + 2\delta_p)} + \frac{1}{2\lambda_p} \ln \frac{d_i + 2\delta_p}{d_i}, \tag{24}$$

funcţia (20) admite forma simplificată:

$$\frac{\dot{Q}_d}{\dot{Q}_0} = \frac{2}{1 + (1 - 2X_d)^a - \frac{\mathrm{Bi}_d^*}{2} \ln (1 - 2X_d)} \tag{25}$$

3. Consideraţii practice privind influenţa depunerilor în schimbătoarele de căldură de tip „multitubular"

Analiza relaţiilor (20) şi (25) demonstrează că pentru un transfer convectiv foarte bun (apă, abur), deci la numere Bi_d^* mari, diametre mari ale ţevilor şi grosimi mici ale stratului interior de depuneri, vor rezulta modificări importante ale transferului de căldură. În ceea ce priveşte transferul de căldură în schimbătoarele de randament mare, este cunoscut că influenţa depunerilor este foarte importantă, modificînd eficacitatea lor în exploatare.

Relativ la forma concretă a ecuaţiilor criteriale empirice de tipul relaţiei (4), care circulă în literatura de specialitate în cazul agenţilor termici frecvent utilizaţi în schimbătoare (apă, abur, aer, gaze arse), rezultă că $a = 0{,}60 - 0{,}80$ [3], [4], [5], [6], [8].

În aceste condiţii şi pentru: $d_e = 15 \ldots 108$ mm; $\lambda_d = 0{,}8 \ldots 3$ W/m·K; $X_d = 0 - 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ — domenii care acoperă integral clasa de schimbătoare de căldură industriale de tip „multitubular" —, autorii au întocmit diagramele adimensionale din figura 3, care reprezintă variaţia funcţiei:

$$\frac{\dot{Q}_d}{\dot{Q}_0} = f(X_d, a, \mathrm{Bi}_d^*) \tag{26}$$

Interpretarea acestor diagrame confirmă existenţa valorii critice $(Bi_d^*)_{cr}$, pentru care raportul $\frac{\dot{Q}_d}{\dot{Q}_0} = 1$; pentru numere X_d mari şi valori Bi_d^* mici, influenţa depunerilor poate să intensifice transferul de căldură cu circa 20—90 %.

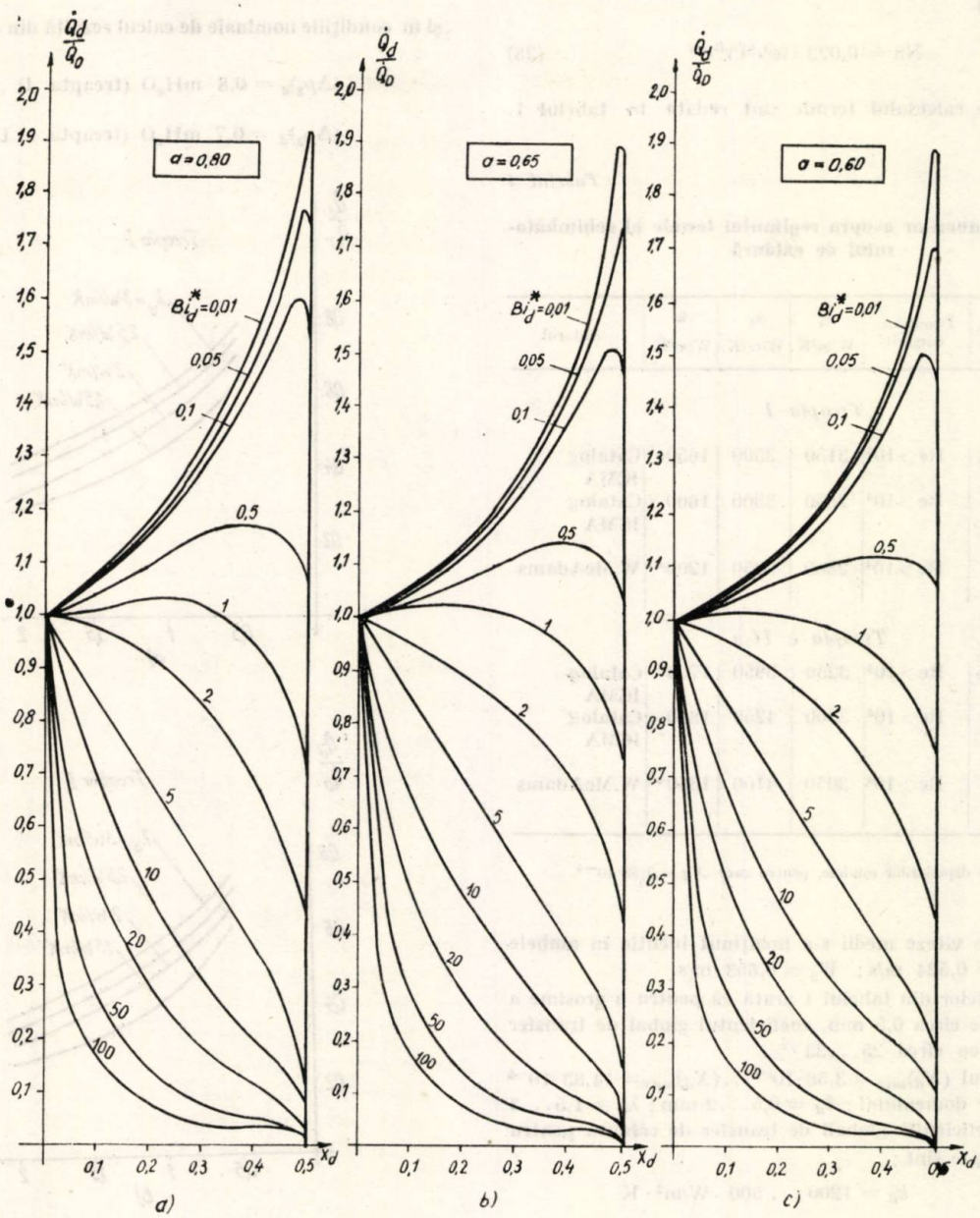


Fig. 3

În exemplul de calcul care urmează se arată influenţa depunerilor asupra regimului termic şi hidrodinamic al unui schimbător de căldură multitubular secţional, utilizat frecvent pentru încălzirea apei menajere în punctele termice racordate la termoficarea urbană.

4. Exemplu de calcul

Prin dimensionarea echipamentului dintr-un punct termic aferent unui cvartal de locuinţe dintr-o zonă termoficată, în care prepararea apei calde manajere se realizează după schema două trepte-serie, au fost alese următoarele tipuri de schimbătoare de căldură (catalog ICMA) :

— treapta I : $B - 85$ Am $4 \times 2{,}5$ m ($d_e = 16 \times 1$ mm)
$S_I = 33{,}72$ m²

— treapta a II-a : $B - 85$ Am 2×4 m ($d_e = 16 \times 1$ mm)
$S_{II} = 28{,}86$ m²

Pentru a demonstra influenţa depunerilor asupra regimului termic şi hidrodinamic în cele două trepte, s-a considerat în calcule ipoteza cea mai avantajoasă : $\delta_d = 0{,}5$ mm ; $\lambda_d = 3$ W/m · K ; $X_d = 0{,}0358 \cdot 10^{-3}$.

Calculul coeficienților de transfer convectiv la interiorul și exteriorul țevilor α_2, α_1 s-a efectuat pe baza diagramei din catalogul furnizorului, a formulei aproximative care a stat la baza întocmirii diagramei :

$$\alpha_1 = (1245 + 18\,t_1 - 0{,}035\,t_1^2)\,\frac{w_1^{0,8}}{d_{ec}^{0,2}} \quad [\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}] \qquad (27)$$

și a ecuației criteriale McAdams [1], [3], [6], [8], utilizată frecvent la curgerea lichidelor prin tuburi în regimul : $10^5 > \mathrm{Re} > 2300$

$$\mathrm{Nu} = 0{,}023\,\mathrm{Re}^{0,8}\mathrm{Pr}^{0,40} \qquad (28)$$

Rezultatele calculului termic sînt redate în tabelul 1.

Tabelul 1

Influența depunerilor asupra regimului termic al schimbătorului de căldură

Nr. crt.	Formulă sau diagramă	Domeniul curgerii	α_1 W/m²K	α_2 W/m²K	k W/m²K	Autorul
			Treapta I			
1	Diagramă	$\mathrm{Re} > 10^4$	3150	3500	1650	Catalog ICMA
2	Formula aproximativă	$\mathrm{Re} > 10^4$	2850	3500	1600	Catalog ICMA
3	Ecuația criterială	$\mathrm{Re} > 10^4$	2800	3250	1200*)	W.McAdams
			Treapta a II-a			
1	Diagramă	$\mathrm{Re} > 10^4$	3250	3950	1750	Catalog ICMA
2	Formulă aproximativă	$\mathrm{Re} > 10^4$	3300	4250	1850	Catalog ICMA
3	Ecuația criterială	$\mathrm{Re} > 10^4$	3050	4100	1350*)	W.McAdams

*) În condițiile depunerilor minime, pentru care $X_d = 3{,}58 \cdot 10^{-5}$.

Regimul de viteze medii s-a menținut identic în ambele trepte: $W_1 = 0{,}524$ m/s ; $W_2 = 0{,}653$ m/s.

Analiza datelor din tabelul 1 arată că pentru o grosime a depunerilor de circa 0,5 mm, coeficientul global de transfer k se reduce cu circa 25...33 %.

În intervalul $(X_d)_{min} = 3{,}58 \cdot 10^{-5} \ldots (X_d)_{max} = 14{,}33 \cdot 10^{-5}$ corespunzător domeniului : $\delta_d = 0{,}5 \ldots 2$ mm ; $\lambda_d = 1{,}5 \ldots 3$ W/m · K, coeficienții globali de transfer de căldură pentru cele două trepte sînt :

— treapta I $\quad k_d = 1200 \ldots 500$ W/m² · K

— treapta a II-a $\quad k_d = 1350 \ldots 550$ W/m² · K

În raport cu condițiile nominale de calcul, aceste valori sînt mai mici cu circa 27...68 % (în treapta I) și respectiv 23...70 % (în treapta a II-a).

Această reducere a ratei transferului de căldură poate deregla în timp regimul termic al aparatului, și diagramele din figura 4 indică variația raportului $\dot{Q}_d/\dot{Q}_0$ în funcție de grosimea și conductivitatea stratului de depuneri.

Diagramele din figura 4 confirmă concluziile precizate anterior și reflectate de alura curbelor din figura 3. Cu ajutorul relației (10) se obține :

$$W_{2_d} = \frac{W_{2_0}}{\left(1 - \frac{2\delta_d}{d_i}\right)^2} = \frac{W_{2_0}}{(1 - 2X_d)^2},$$

unde $W_{2_0} = 0{,}653$ m/s,

și în condițiile nominale de calcul rezultă din catalogul ICMA :

$(\Delta p_2)_0 = 0{,}8$ mH$_2$O (treapta I)

$(\Delta p_2)_d = 0{,}7$ mH$_2$O (treapta a II-a)

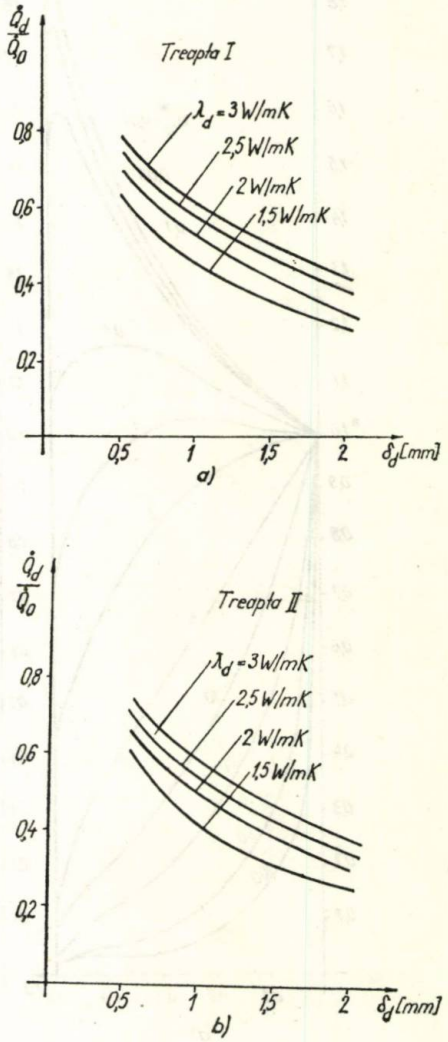


Fig. 4

În intervalul X_d menționat, influența depunerilor asupra vitezei agentului termic din țeavă, și deci asupra pierderilor de sarcină corespondente, este redată în figurile 5 și 6.

Analiza acestor diagrame demonstrează o creștere rapidă a vitezei apei în țevi cu circa 12...90 % în raport cu creșterea grosimii stratului de depuneri, deci o creștere echivalentă a pierderilor de sarcină de circa 1,5...4,5 ori în treapta I și, respectiv, de circa 1,2...3 ori în treapta a II-a.

Sporul de presiune necesar în acest caz la pompare se va traduce printr-o creştere proporţională a cheltuielilor de exploatare aferente energiei de pompare.

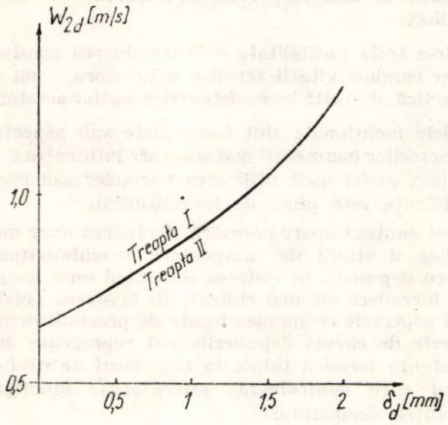


Fig. 5

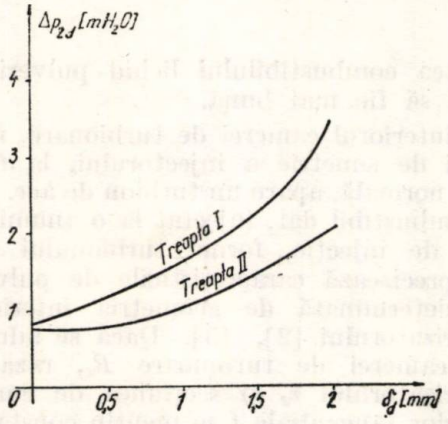


Fig. 6

Concluzii

1. Proiectarea corectă a unui schimbător de căldură trebuie să ia în consideraţie şi aspectul stratului de depuneri, cu implicaţiile sale directe în regimul dinamic, legate de rata transferului căldurii în exploatare, pierderile de sarcină, costul energiei de pompare etc.

2. Proiectarea raţională a unui schimbător de căldură de tip „multitubular" implică cunoaşterea regimului termic în exploatare, deci a criteriului $(\mathrm{Bi}_d^*)_{cr} = 2a$ (rel. 23).

3. Pentru cazurile $\mathrm{Bi}_d^* < (\mathrm{Bi}_d^*)_{cr}$, transferul căldurii în regim de depuneri se îmbunătăţeşte brusc, în defavoarea pierderilor de sarcină, deci a creşterii cheltuielilor de pompare.

4. În alegerea valorii corecte de calcul pentru simplexul $X_d = \frac{\delta_d}{d_i}$, deci la stabilirea coeficientului k pentru proiectarea schimbătorului de căldură, este necesară cunoaşterea proprietăţilor fizice ale fluidului de lucru, a stratului posibil de depuneri etc.

5. În acest sens, testarea performanţelor termohidrodinamice ale unui schimbător de căldură în exploatare permite verificarea practică a parametrilor X_d, $\dot{Q}_d$, k_d, $(W_2)_d$, $(\Delta p_2)_d$, deci stabilirea unor ecuaţii practice de calcul.

6. Pentru schimbătoarele de căldură industriale de mare capacitate este absolut necesară stabilirea, prin calcule de rentabilitate, atît a frecvenţei optime de curăţire a ţevilor de impurităţi, cît şi a metodei adecvate în acest scop: chimică, mecanică, magnetică etc.

Bibliografie

[1] Gregorig, R. *Wärmeaustauscher.* Verlag H.R.Saüerländer, Zürich, 1957.

[2] Kern, D.Q. *Process Heat Transfer,* McGraw-Hill, New York, 1950.

[3] Holman, J.P. *Heat Transfer,* Mcgraw-Hill, New York, 1968.

[4] Peculea, M. şi Mihăilă, C. *Transmiterea căldurii,* partea a II-a. Institutul de construcţii Bucureşti, 1976.

[5] Isacenko, V., Osipova, V. şi Sukomel, A. *Heat Transfer,* Mir Publ., Moscova, 1969.

[6] Hobbler, T. *Teploperedaciia i teploobmeniki,* G.H.I. Leningrad, 1961.

[7] Bennet, K.O. şi Myers, J.E. *Ghidrodinamika, teploobmen i massoobmen,* Nedra, Moscova, 1966.

[8] Eckert, E.R.G. *Wärme- und Stoffaustausch.* Springer Verlag, Berlin, 1966.

[9] Kicighin, M.A. şi Kostenko, G.N. *Schimbătoare de căldură şi instalaţii de vaporizare.* Editura tehnică, Bucureşti, 1958.

(Articol intrat în redacţie la 13 noiembrie 1978)

Depunerile în schimbătoarele de căldură de suprafaţă — stadiul actual al informaţiilor şi metodelor de calcul

Termenul de *depunere* defineşte orice depozit format pe o suprafaţă de schimb de căldură, care conduce la creşterea rezistenţei termice la transmiterea căldurii şi, de regulă, la mărirea rezistenţei hidraulice la curgerea fluidelor.

Ca fenomene complexe, procesele de depunere sînt influenţate de următorii factori: mecanismul fizico-chimic al depunerii (cristalizare, sedimentare, reacţii chimice şi polimerizare, cocsificare, creşterea de materiale organice, coroziunea),

procesele de schimb de căldură (încălzire, răcire, fierbere, condensare), condițiile de funcționare (viteza fluidului, temperatura peretelui și a fluidului), materialul peretelui, geometria aparatului. La acestea se adaugă faptul că depunerile nu sînt constante, ci variază crescînd cu timpul, după legi complexe.

Depunerile în aparatele schimbătoare de căldură de suprafață exercită o influență considerabilă asupra performanțelor termice ale acestor echipamente, asupra energiei de pompare, perioadei de funcționare și de revizie, respectiv asupra investițiilor, cheltuielilor anuale și disponibilității aparatelor. Apreciat sub aspectul lipsei de informații asupra mecanismului, normelor de calcul și problemelor economice implicate, fenomenul *depunerilor constituie o problemă majoră nerezolvată încă în transferul de căldură.*

În calculul termic de proiectare a schimbătoarelor de căldură, considerarea efectelor depunerilor se face prin prevederea unui surplus de suprafață de schimb de căldură, care să compenseze înrăutățirea transferului căldurii produsă de rezistențele termice suplimentare ale depunerilor. Un aparat este consideratt murdar cînd nu mai poate realiza sarcina termică nominală, prin proiectare fiind prevăzute și rezerve de suprafață pentru depuneri.

Actualmente se folosesc două metode principale de calcul al excesului de suprafață necesar :

— metoda factorului de murdărire : acest factor reprezintă o mărime adimensională β, mai mică decît unitatea, cu care este multiplicat coeficientul global de schimb de căldură al aparatului curat ;

— metoda rezistenței termice a depunerilor : pe baza experimentelor și urmăririi în exploatare a schimbătoarelor de căldură, se stabilesc valorile rezistențelor termice ale depunerilor.

Cea de-a treia posibilitate — determinarea grosimii depunerilor și conductivității termice a acestora — nu are aplicație practică, datorită inconsistenței valorilor acestor mărimi.

Metodele menționate sînt incomplete sub aspectul considerării factorilor enumerați mai sus, care influențează procesul depunerilor, astfel încît utilizarea normelor sau recomandărilor existente este plină de incertitudini.

În acest context apare necesară efectuarea unor măsurători sistematice și studii de comportare a schimbătoarelor de căldură cu depuneri, în vederea elaborării unor norme cu un grad de încredere cît mai ridicat. În favoarea acestui lucru pledează aspectele economice legate de procesul depunerilor : într-o serie de cazuri depunerile pot reprezenta 40—70 % din rezistența termică totală la transferul de căldură, fiind elementul care controlează proiectarea, funcționarea și performanțele aparatului.

Conf. dr. ing. **Aureliu Leca**

Procedeu pentru îmbunătățirea caracteristicilor injectoarelor mecanice cu cameră de turbionare

Dr. ing. **V. Ghia**
și ing. **E.-D. Cristea***)

1. Aspecte generale

Injectorul constituie partea principală a arzătoarelor de combustibili lichizi, care determină atît caracteristicile pulverizării, cît și ale arderii. Astfel, geometria flăcării realizate, timpul de ardere și încărcarea termică volumetrică a focarului sînt determinate de diametrul maxim al picăturilor pulverizate. Cu cît finețea de pulverizare și unghiul de pulverizare sînt mai mari, flacăra este mai scurtă și probabilitatea ca arderea să se desfășoare la excese de aer mici este mai mare. Injectoarele mecanice cu cameră de turbionare au găsit o largă răspîndire la arzătoarele de combustibili lichizi, funcționînd la debite nominale mici, mijlocii sau mari. Economicitatea ridicată a acestor injectoare este dată nu numai de caracteristicile bune de pulverizare, ci și de consumul scăzut de energie pentru pulverizare. Acest consum este mai mic decît 1 kWh pentru o tonă de păcură [1], adică mult mai redus decît la pulverizarea cu agent auxiliar, abur sau aer comprimat. Pentru a se evita cocsarea injectorului, cu cît debitul nominal este mai mic, calitatea combustibilului lichid pulverizat va trebui să fie mai bună.

În interiorul camerei de turbionare, în zona axului de simetrie a injectorului, la funcționarea normală, apare un turbion de aer. Pentru un combustibil dat, injectat la o anumită presiune de injecție, forma turbionului de aer care precizează caracteristicile de pulverizare este determinată de geometria interioară a pulverizatorului [2], [3]. Dacă se admite că raza camerei de turbinoare R_c, raza duzei pulverizatorului r_d și secțiunea de curgere a canalelor tangențiale f se mențin constante, se poate face ipoteza că factorul principal, care influențează, este numărul canalelor tangențiale n. Apare, astfel, că prin variația parametrului n se pot influența atît caracteristicile jetului pulverizat, cît și arderea combustibilului.

Literatura de specialitate nu furnizează relații pentru calculul coeficientului de debit μ, unghiului de pulverizare și finețiii de pulverizare, în funcție de n, atunci cînd se mențin constante f, r_d și R_c. Din publicații rezultă însă că principalele caracteristici de pulverizare ale injectoarelor mecanice cu cameră de turbionare sînt determinate de μ [4]. De aceea lucrarea de față stabilește, mai întîi teoretic, influența creșterii parametrului n asupra coeficientului μ și verifică experimental concluziile teoretice. În continuare, se vor evidenția efectele creșterii lui n asupra unghiului de pulverizare și finețiii de pulverizare. Se vor stabili condițiile în care creșterea parametrului n reprezintă un procedeu adecvat de îmbunătățire a performanțelor arzătoarelor prevăzute cu injectoare avînd camere de turbionare.

*) Dr. ing. Victor Ghia este cercetător științific gr. II la ICSITEEMR ; ing. Eugen-Dan Cristea este cercetător științific la ICSITEEMR.

2. Tipuri constructive

Pentru a evidenția cazurile practice la care sînt valabile concluziile ce se vor obține, se prezintă tipurile caracteristice de injectoare avînd cameră de turbinoare. De menționat că aceste injectoare se realizează într-o gamă mare de tipuri și soluții constructive. Astfel, folosirea camerelor de turbionare pentru a imprima combustibilului lichid o mișcare elicoidală se face, în general, la următoarele categorii reprezentative de pulverizatoare :

—injectoarele cu pulverizare mecanică sub presiune la care reglajul debitului se efectuează numai prin variația presiunii de injecție ;

— injectoarele cu pulverizare mecanică sub presiune la care, pentru variația debitului, o parte din combustibil este returnat de la evacuarea sau din camera de turbionare

— injectoarele cu pulverizare mixtă, mecanică sub presiune și folosind drept agent auxiliar de pulverizare aburul.

În figura 1 se prezintă, din prima categorie menționată, două tipuri caracteristice de injectoare cu cameră de turbionare. Astfel, cazul *a* reprezintă o soluție constructivă cu un grad de complexitate ridicat, la care cele trei canale tangențiale au secțiunea de curgere dreptunghiulară, iar cazul *b* dă o construcție monolită.

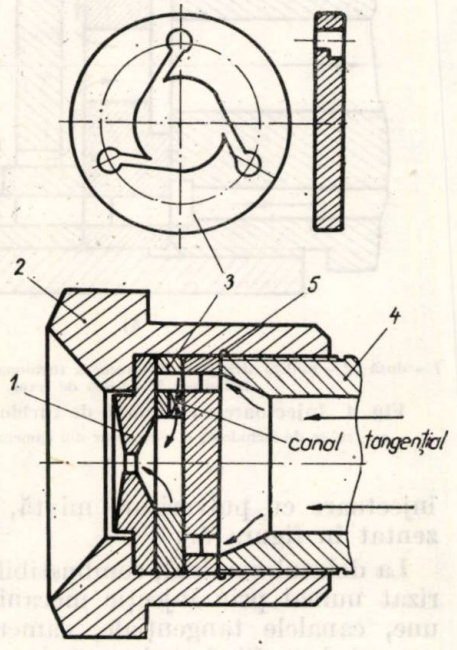
Deși în al doilea caz realizarea este mai simplă, dezvoltarea în lungime a camerei de turbionare introduce pierderi de energie suplimentare prin frecări.

Figura 2 prezintă, de asemenea, două tipuri constructive din prima categorie menționată, la care canalele de intrare în camera de turbionare sînt înclinate sub un anumit unghi față de axa de simetrie longitudinală a injectorului.

Cazul *b* reprezintă injectorul sistem Monarch, care se folosește, în special, la arzătoarele monobloc de debite relativ mici, funcționînd pe combustibil lichid ușor. Toate construcțiile prezentate se referă la injectoare realizînd așa-numita pulverizare într-o singură treaptă.

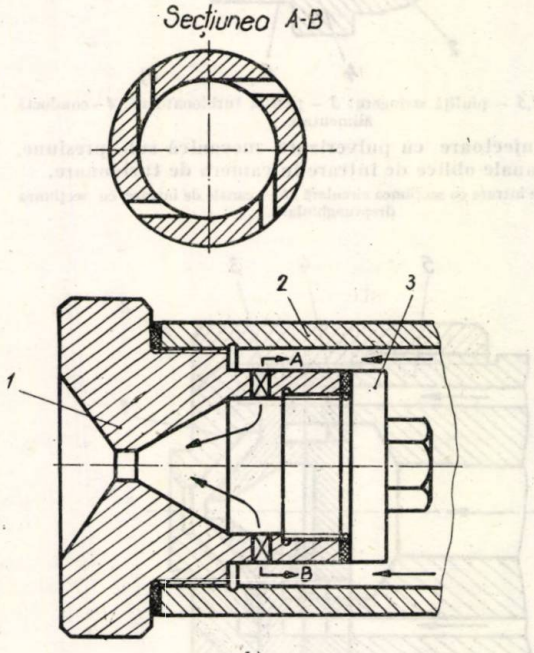
În figura 3 se prezintă un injector cu pulverizarea în două trepte, care este prevăzut cu două camere de turbionare concentrice, alimentate fiecare cu combustibil prin circuite separate. La debite mici funcționează numai camera de turbionare centrală, iar la debite mari sînt în funcțiune ambele camere de turbionare. În acest mod se mărește mult domeniul de reglaj, comparativ cu injectoarele de tipurile prezentate în figurile 1 și 2.

Pentru lărgirea, în continuare, a domeniului de reglaj pînă la 1 :10 și mai mult, s-au realizat injectoarele cu cameră de turbionare prevăzute cu returul combustibilului în rezervorul de alimentare. În figura 4 se prezintă două tipuri reprezentative de asemenea injectoare, care fac parte din a doua categorie de pulverizatoare menționată anterior. Cazul *a* reprezintă un injector sistem Fuel Master. Combustibilul este returnat de la evacuarea din camera de turbionare, fiind vehiculat mai întîi prin niște canale tangențiale, care îi accelerează mișcarea de rotație. La scoaterea din funcțiune a injectorului, acul *6*, închizînd refularea combustibilului prin duză, permite recircularea acestuia și răcirea injectorului.



a)

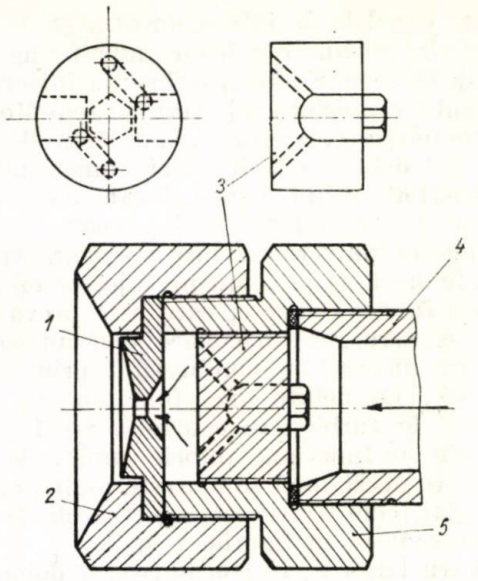
1—duză; *2*—piuliță strîngere; *3*—cameră turbionare; *4*—conductă alimentare; *5*—distribuitor.



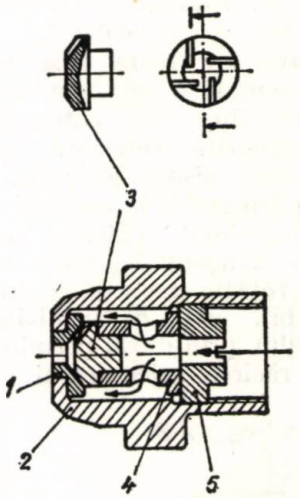
b)

1—cameră turbionare cu duză; *2*—conductă alimentare; *3*—dop închidere.

Fig. 1. Injectoare cu pulverizare mecanică sub presiune, avînd cameră de turbionare.
a — canale tangențiale cu secțiune dreptunghiulară; *b* — canale tangențiale cu secțiune circulară.



1 – duză; *2,5* – piulițe strîngere; *3* – distribuitor; *4* – conductă alimentare.



1 – duză: *2,5* – piuliță strîngere: *3* – pastilă turbionatoare: *4* – conductă alimentare.

Fig. 2. Injectoare cu pulverizare mecanică sub presiune, avînd canale oblice de intrare în camera de turbionare.

a – canale de intrare cu secțiunea circulară; *b* – canale de intrare cu secțiunea dreptunghiulară.

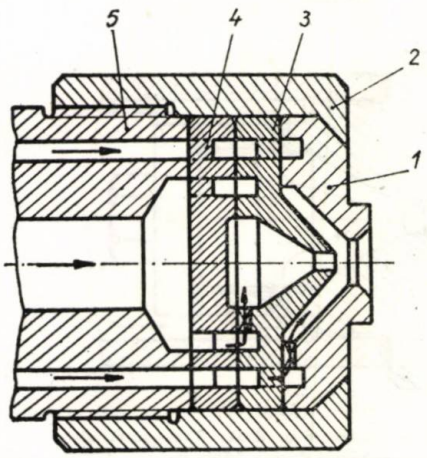
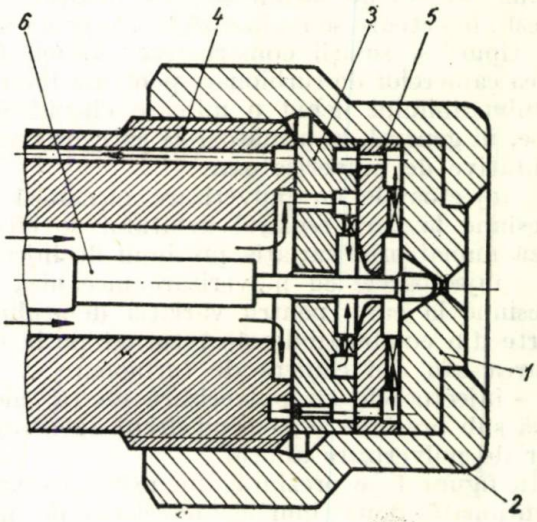


Fig. 3. Injector cu două camere de turbionare concentrice.

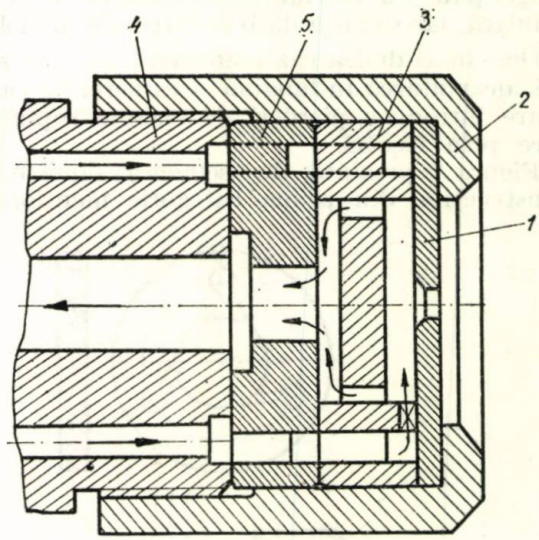
1 – duză; *2* – piuliță strîngere; *3* – cameră turbionare; *4,5* – distribuitoare.

La cazul *b*, returul combustibilului se face prin orificii, care sînt practicate la periferia camerei de turbionare. În special, pentru arderea păcurilor inferioare, de multe ori se preferă



a)

1 – duză; *2* – piuliță strîngere; *3* – cameră turbionare; *4* – distribuitor; *5* – piesă de retur; *6* – ac de închidere.



b)

1 – duză; *2* – piuliță strîngere; *3* – cameră turbionare cu retur; *4* – distribuitor; 5 – piesă de retur.

Fig. 4. Injectoare cu cameră de turbionare cu retur.

a – cu ac de închidere; *b* – cu retur din camera de turbionare.

injectoare cu pulverizare mixtă, de tipul prezentat în figura 5.

La debitul nominal, combustibilul este pulverizat numai prin injecție mecanică sub presiune, canalele tangențiale, camera de turbionare și duza fiind prelucrate în corpul piesei 3. Pe măsură ce debitul de păcură scade, devine tot mai important efectul aburului, care acționează ca agent auxiliar de pulverizare.

Efectul aburului este amplificat de turbionarea realizată datorită trecerii acestuia prin canalele tangențiale aferente. Sistemul prezentat, care pentru debitul minim de păcură

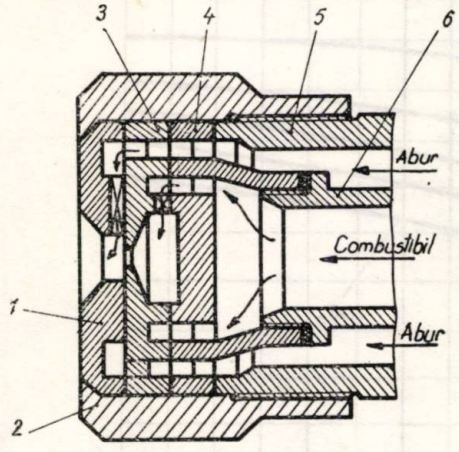


Fig. 5. Injector cu pulverizare mixtă, mecanică sub presiune și abur.
1 – duză turbionatoare cu abur; *2* – piuliță stringere; *3* – cameră turbionare; *4* – distribuitor; *5* – conductă abur; *6* – conductă combustibil.

funcționează practic cu pulverizare prin abur, realizează un injector cu domeniul larg de reglare a debitului de combustibil.

3. Coeficientul de debit

Vom admite că se mențin constante secțiunea de curgere a canalelor de intrare în camera de turbionare f și caracteristica geometrică A, definită prin relația:

$$A = \frac{\pi R_c r_d}{n f_1} \sin\beta \sin\theta, \qquad (1)$$

unde

f_1 este secțiunea de curgere a unui canal de intrare în camera de turbionare, m²;
β — unghiul dintre axa de simetrie a canalului de intrare și axa de simetrie longitudinală a camerei de turbionare, radiani;
θ — unghiul dintre axa de simetrie a canalului de intrare și tangenta la camera de turbionare, radiani.

Din relația (1) rezultă că mărimea A rămîne constantă atunci cînd se modifică numai numărul de canale n, dar secțiunea de curgere a acestora, f, rămîne constantă.

Coeficientul de debit, în cazul funcționării cu fluid ideal, este dat de relația [5]:

$$\mu_0 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\varphi^2} + \frac{A^2}{1-\varphi}}}, \qquad (2)$$

unde

$$\varphi\sqrt{\varphi} = \frac{(1-\varphi)\sqrt{2}}{A} \qquad (3)$$

Mărimea φ reprezintă raportul dintre secțiunea lichidului care curge prin duză și secțiunea totală de curgere a duzei Din relațiile (2) și (3) se remarcă faptul că există o legătură univocă între coeficientul μ_0 și caracteristica geometrică A, iar prin creșterea mărimii A se micșorează μ_0. În cazul care se analizează, caracteristica A nefiind influențată de n, rezultă că nici μ_0 nu este influențat de numărul canalelor de intrare în camera de turbionare.

O situație similară apare și la injectoarele cu cameră de turbionare prevăzute cu returul combustibilului. Astfel, dacă B este debitul de lichid pulverizat, iar B_t debitul de lichid introdus în camera de turbionare, coeficientul de debit ideal are expresia [6]:

$$\mu_{0r} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\varphi^2} + \frac{A^2}{k^2(1-\varphi)}}}, \qquad (4)$$

unde $k = \frac{B}{B_t}$.

Rezultă astfel că pentru $A = \text{const.}$, coeficientul $\mu_{0r} < \mu_0$, deoarece la injectoarele cu cameră de turbionare cu retur φ are o valoare mai mare față de situația fără retur, iar $k < 1$. Pe măsură ce raportul k scade, μ_{0r} se micșorează, iar pentru $k = \text{const.}$, cu cît A are o valoare mai mare, μ_{0r} descrește.

Cînd $k = 1$, $\mu_{0r} = \mu_0$. Aceleași concluzii rezultă și din figura 6, în care se prezintă familiile de curbe $\mu_{0r} = F(A, k)$ și $\alpha_{0r} = \xi(A, k)$, unde α_{0r} este unghiul de pulverizare corespunzător.

Pentru a se ține seama de frecările care apar la curgerea lichidelor reale [5], a fost determinat așa-numitul coeficient de frecare λ, iar pentru calculul coeficientului de debit aferent, μ, s-a propus relația:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\varphi^2} + \frac{A_e^2}{1-\varphi}}}, \qquad (5)$$

în care

$$A_e = \frac{A}{1 + \frac{\lambda}{2}\left(\frac{R_c^2}{n f_1} \sin\beta \cos\theta - A\right)} \qquad (6)$$

S-a demonstrat că și în acest caz este îndeplinită condiția:

$$A_e = \frac{(1-\varphi)\sqrt{2}}{\varphi\sqrt{\varphi}}, \qquad (7)$$

astfel că din figura 6 se poate afla μ, de pe aceeași curbă ca la fluidul ideal, dacă în loc de caracteristica A se ia $A_e < A$. Pentru calculul coeficientului de frecare λ, s-a determinat

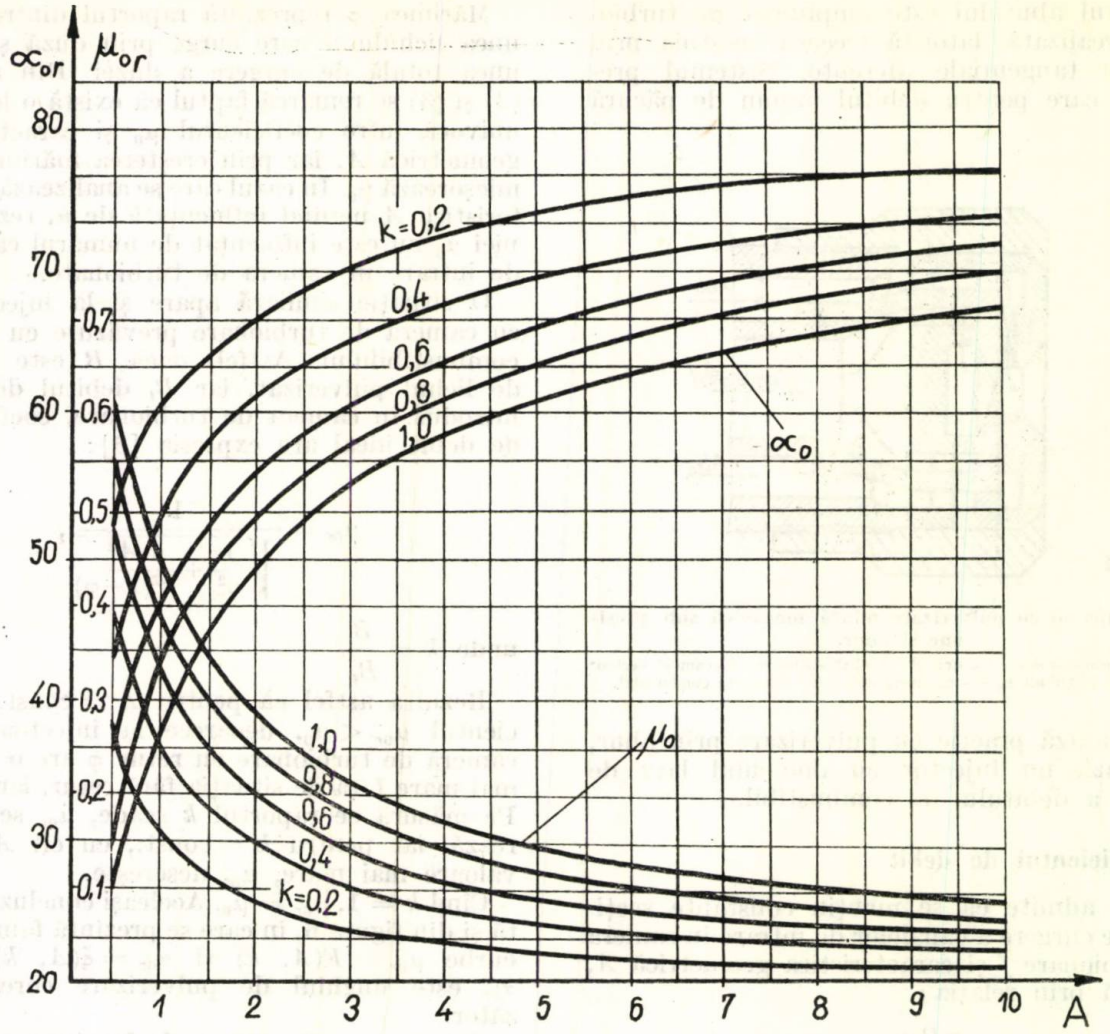


Fig. 6. Familiile de curbe $\mu_{0r} = F(A, k)$ și $\alpha_{0r} = \xi(A, k)$

experimental formula [5] valabilă în domeniul $10^3 \leqslant \mathrm{Re} \leqslant 10^5$:

$$\lg \lambda = \frac{25{,}8}{(\lg \mathrm{Re})^{2{,}58}} - 2, \qquad (8)$$

în care criteriul Reynolds

$$\mathrm{Re} = \frac{w_a \sqrt{n}\, d_t}{\nu} \qquad (9)$$

Mărimea ν reprezintă viscozitatea cinematică a combustibilului, m^2/s ;

d_t — diametrul canalului de intrare în camera de turbionare, m ;

w_a — viteza medie de curgere a lichidului în canalele de intrare avînd diametrul d_t, m/s.

Deoarece se admite că secțiunea de curgere $nf_1 = f$ este constantă, atunci și $\sqrt{n}\, d_t = \text{const.}$, iar pentru același debit de lichid pulverizat viteza w_a nu este influențată de numărul canalelor de intrare n. Rezultă astfel că, după metoda publicată, prezentată anterior, μ nu este influențat de n, deoarece această mărime nu influențează Re, λ și A_e. De aceea, pentru a evidenția influența numărului de canale și asupra coeficientului real de debit, se va face o analiză detaliată pornind de la relația de definiție :

$$\mu = \frac{B}{\pi r_d^2 \sqrt{\dfrac{2P}{\rho}}}, \qquad (10)$$

în care

B este debitul de combustibil pulverizat, m^3/s ;

ρ — masa specifică a combustibilului, Ns^2/m^4 ;

P — presiunea de injecție, N/m^2.

La injectoarele mecanice cu cameră de turbionare, de tipul prezentat în figura 7, se poate considera că :

$$P = \sum \Delta P_i + \frac{\rho}{2}(w_{ma}^2 + w_{mt}^2), \qquad (11)$$

unde

$$\sum \Delta P_i = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 \qquad (12)$$

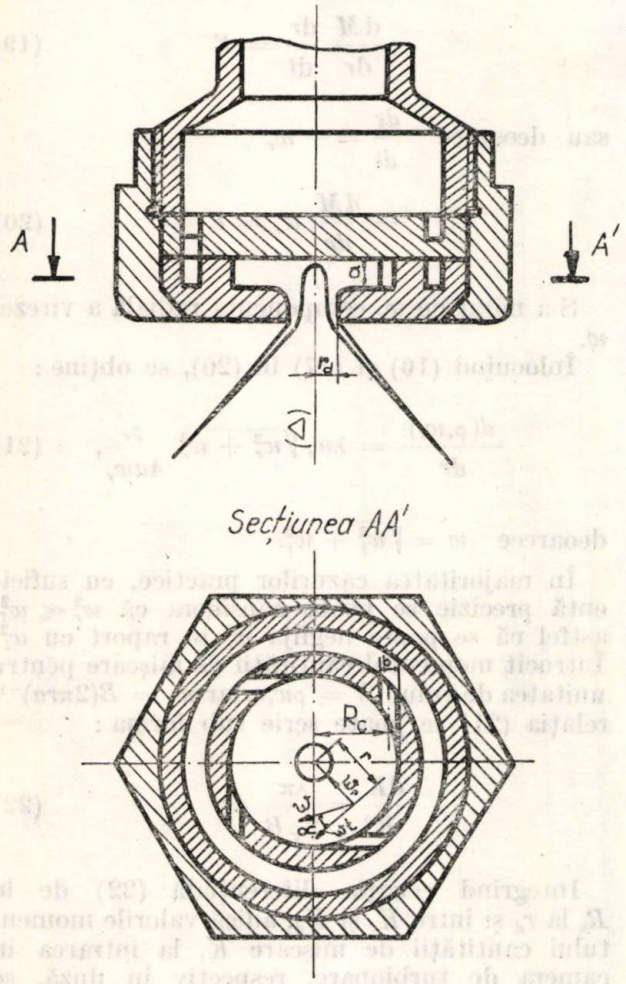


Fig. 7. Injector cu pulverizare mecanică sub presiune, prevăzut cu patru canale de intrare tangențiale la camera de turbionare.

Mărimile w_{ma} și w_{mt} reprezintă componentele axială și tangențială ale vitezei combustibilului în marginea turbionului de aer, la extremitatea duzei, m/s ;

ΔP_1 — suma pierderilor de presiune ce apar între priza de măsurat presiunea P și intrarea în canalele tangențiale, datorită accidentelor locale și frecărilor, N/m² ;

ΔP_2 — suma pierderilor de presiune ce apar prin intrarea și refularea combustibilului din canalele tangențiale, cît și datorită frecărilor dintre lichid și pereții acestora, N/m² ;

ΔP_3 — suma pierderilor de presiune ce apar prin frecările combustibilului de pereții camerei de turbionare, N/m² ;

ΔP_4 — suma pierderilor de presiune ce apar prin intrarea și refularea combustibilului din duză, cît și datorită frecărilor de peretele interior al acesteia, N/m².

Într-o primă aproximație, se poate considera că [7] :

$$\sum \Delta P_i = \frac{B^2 \rho}{2}\left(\sum \frac{\xi_i^2}{F_i} + \sum \frac{l_1}{d_i}\,\frac{\lambda_i}{A_i^2} + \frac{\psi}{f^2}\right) \qquad (13)$$

unde s-a luat [8], [9] :

$$\Delta P_3 = \frac{B^2 \rho}{2}\,\frac{\psi}{f^2} \qquad (14)$$

S-a notat cu :

ξ_i — coeficientul pierderii de presiune locală pentru un anumit accident ;

λ_i — coeficientul de frecare pentru o anumită porțiune a circuitului pe care se deplasează combustibilul ;

l_i, d_i — lungimea și diametrul hidraulic al porțiunii de circuit pe care se produc frecările, m ;

F_i — secțiunea de curgere la care se raportează ξ_i, m² ;

A_i — secțiunea de curgere la care se raportează λ_i, m² ;

ψ — mărime adimensională, funcție de coeficientul de frecare, caracteristicile combustibilului și caracteristeristicile geometrice ale camerei de turbionare.

În general, la injectoarele cu cameră de turbionare predomină efectul pierderilor de presiune datorită accidentelor locale, astfel că se poate considera îndeplinită condiția :

$$\sum \frac{\xi_i}{F_i^2} \gg \sum \frac{l_i}{d_i}\,\frac{\lambda_i}{A_i^2} + \frac{\psi}{f^2} \qquad (15)$$

Prin creşterea debitului B se măreşte raza turbionului de aer r_m, care apare în zona centrală a duzei, astfel că datorită acestei cauze se micşorează secţiunea de curgere aferentă F_t. De aceea se poate considera că $\sum \Delta P_i$ variază proporţional cu debitul B la o putere mai mare decît 2, ceea ce va influenţa similar şi presiunea P. Pentru un injector cu cameră de turbionare, creşterea debitului B micşorează cu atît mai mult coeficientul de debit cu cît se măreşte raza r_m.

Acest fenomen devine practic neglijabil la presiuni de injecţie relativ mari, cînd variază insensibil r_m şi cînd pierderile de presiune prin frecări devin relativ mai mici, datorită curgerii turbulente a combustibilului în camera de turbionare.

În cele ce urmează, se va admite că se menţin constante: raza camerei de turbionare R_c, raza duzei r_d, lăţimea camerei de turbionare egală cu înălţimea canalelor tangenţiale a şi secţiunea totală de curgere a canalelor tangenţiale f. Prin creşterea parametrului n, apare evident că se măresc pierderile de presiune locale ale injectorului, deoarece se micşorează lăţimea canalelor tangenţiale b. Astfel se măresc, în primul rînd, coeficienţii pierderilor de presiune locală ai canalelor tangenţiale.

4. Momentul cantităţii de mişcare

Prin creşterea lui n se măresc vitezele w_{ma} şi w_{mt}, ca şi viteza lichidului la intrarea în duză. Pentru un injector dat, mărimea care determină esenţial vitezele w_{mt}, w_{ma}, ca şi raza turbionului de aer r_m, este momentul cantităţii de mişcare a combustibilului la intrarea în duză K_d. Această mărime se va determina în continuare. Pentru elementul de masă δ_m, momentul cantităţii de mişcare, în raport cu axa (Δ), din figura 7, este:

$$M = rw_t\,\delta_m = rw_t\,\rho a\delta_s, \tag{16}$$

unde

w_t este componenta tangenţială a vitezei lichidului w, aferentă elementului de masă δ_m, m/s;

r — distanţa de la elementul de masă δ_m la axa (Δ), m/s;

δ_s — suprafaţa în contact cu unul din pereţii laterali ai camerei de turbionare, pentru elementul de masă δ_m, m^2.

Momentul forţelor de frecare între elementul δ_m şi pereţii laterali ai camerei de turbionare, în raport cu axa (Δ), este:

$$F = -\frac{\lambda}{4}\,w^2\rho\delta_s\cos\alpha r \tag{17}$$

sau, deoarece $w_t = w\cos\alpha$

$$F = -\frac{\lambda}{4}\,\rho\, w\, w_t\,\delta_s\, r \tag{18}$$

Notaţia α reprezintă unghiul dintre viteza w şi componenta w_t. Aplicînd teorema momentului cantităţii de mişcare, rezultă:

$$\frac{dM}{dr}\,\frac{dr}{dt} = F \tag{19}$$

sau deoarece $\dfrac{dr}{dt} = -w_r$

$$-\frac{dM}{dr}\,w_r = F \tag{20}$$

S-a notat cu w_r componenta radială a vitezei w.

Înlocuind (16) şi (17) în (20), se obţine:

$$\frac{d(\rho_r w_t)}{dr} = \lambda w_t\sqrt{w_t^2 + w_r^2}\,\frac{\rho_r}{4aw_r}, \tag{21}$$

deoarece $w = \sqrt{w_t^2 + w_r^2}$.

În majoritatea cazurilor practice, cu suficientă precizie se poate considera că $w_r^2 \ll w_t^2$, astfel că se poate neglija w_r^2 în raport cu w_t^2. Întrucît momentul cantităţii de mişcare pentru unitatea de volum $k = \rho w_t r$, iar $w_r = B(2\pi ra)^{-1}$, relaţia (21) se poate scrie sub forma:

$$\frac{dK}{K^2} = \frac{\lambda\pi}{2\rho B}\,dr. \tag{22}$$

Integrînd ecuaţia diferenţială (22) de la R_c la r_d şi între K_c şi K_d, adică valorile momentului cantităţii de mişcare K, la intrarea în camera de turbionare, respectiv în duză, se obţine:

$$\frac{1}{K_d} - \frac{1}{K_c} = \frac{\lambda\pi}{2\rho B}\,(R - r_d), \tag{23}$$

unde

$$K_c = \frac{\rho BR}{\varepsilon f} \tag{24}$$

Mărimea $\varepsilon < 1$ este coeficientul de contracţie al venei de combustibil, refulată din canalul tangenţial.

Înlocuind (24) în (23), rezultă:

$$K_d = \frac{\rho BR_c}{\varepsilon f + 0{,}5\lambda\pi R_c(R_c - r_d)}. \tag{25}$$

Menţionăm că integrarea ecuaţiei diferenţiale (21), fără a neglija w_r^2 în raport cu w_t^2, conduce la expresia momentului cantităţii de mişcare la intrarea în duză, sub o formă mult mai complicată:

$$K_d = \frac{\Phi}{\operatorname{ch}\zeta \operatorname{sh}\omega + \operatorname{sh}\zeta \operatorname{ch}\omega}, \qquad (26)$$

unde

$$\operatorname{sh}\omega = \frac{\Phi}{K_c}; \quad \operatorname{ch}\omega = \frac{\sqrt{K_c^2 + \Phi^2}}{K_c}$$

$$\zeta = \frac{\lambda}{4a}(R_c - r_d) \text{ şi } \Phi = \frac{B\rho}{2\pi a}.$$

Viteza tangenţială a lichidului la intrarea în duză variază direct proporţional cu momentul K_d, astfel că:

$$w_{dt} = \frac{K_d}{\rho r_d}. \qquad (27)$$

Remarcăm faptul că pentru cazul în care se admite că în camera de turbionare curge un fluid ideal, adică lipsesc frecările ($\lambda = 0$), momentul cantităţii de mişcare al fluidului, în raport cu axa (Δ), se conservă ($K_d = K_c$). Din relaţiile (25) şi (26) rezultă că momentul K_d va creşte dacă se măreşte:

— numărul de canale tangenţiale n, deoarece prin aceasta se micşorează coeficientul ε;

— debitul de combustibil B şi raza camerei de turbionare R_c.

De asemenea, rezultă că momentul K_d se măreşte prin creşterea numărului n şi datorită scăderii coeficientului λ, ca urmare a creşterii vitezelor de curgere în camera de turbionare.

Relaţia (27) arată că prin creşterea momentului K_d se măresc vitezele tangenţiale ale lichidului care curge prin duză şi, ca urmare, se măreşte raza turbionului de aer. Din această cauză se măreşte şi viteza de curgere, deoarece se micşorează secţiunea liberă de curgere. Rezultă, astfel, că şi pierderile de presiune aferente duzei se vor mări corespunzător.

În concluzie, prin creşterea numărului de canale tangenţiale n, se măreşte presiunea de injecţie P, dată de relaţia (11), iar din (10) rezultă că se micşorează coeficientul de debit μ. Influenţa cantitativă a variaţiei parametrului n asupra coeficientului μ, care depinde de caracteristicile injectorului şi combustibilului folosit, se poate determina precis numai experimental.

5. Rezultate experimentale

Pentru verificarea concluziilor teoretice şi obţinerea de date cantitative, se vor prezenta rezultatele obţinute prin experimentarea a două tipuri de injectoare cu pulverizare mecanică sub presiune, prevăzute cu camere de turbionare, folosite la arzătoarele industriale.

La primul injector, de tipul prezentat în figura 1 *b*, s-au experimentat cu apă patru variante cu $n = 1, 2, 3$ şi 4 canale tangenţiale, de secţiune circulară. S-a menţinut, practic, constantă secţiunea de curgere a canalelor tangenţiale la valoarea $f \cong 12{,}5$ mm², variindu-se corespunzător diametrul acestora. Pentru toate injectoarele, au avut aceleaşi valori raza duzei $r_d = 0{,}8$ mm şi raza camerei de turbionare $R_c = 14$ mm. Precizia de execuţie a dimensiunilor a fost 0,03 mm.

Al doilea tip de injector experimentat a fost acela prezentat în figura 7, la care $r_d = 0{,}35$ mm, lăţimea canalului tangenţial $a = 0{,}5$ mm şi $R_c = 1{,}8$ mm.

S-au experimentat injectoare cu $n = 2, 3, 4$ şi 6 canale tangenţiale, menţinîndu-se constantă secţiunea de curgere a acestora, $f = 0{,}3$ mm², prin variaţia corespunzătoare a lăţimii b. Precizia de execuţie a fost de 0,01—0,02 mm, mai mare ca la tipul de injector experimentat pe apă. Drept lichid de lucru s-a folosit combustibilul lichid uşor tip 3, conform STAS 54—70, care a fost uşor preîncălzit pentru a ajunge la viscozitatea de 2,3°E.

În figura 8 se prezintă curbele de variaţie $P = f(B)$ pentru injectoarele experimentale cu apă (cazul *a*) şi cu combustibil lichid uşor (cazul *b*).

Se remarcă variaţia practic parabolică a presiunii P în funcţie de B, ceea ce confirmă că pierderile de presiune datorită accidentelor locale, care variază proporţional cu B^2, au pondere mult mai mare comparativ cu pierderile de presiune datorită frecărilor. Pentru acelaşi debit B, presiunea P se măreşte sensibil, odată cu creşterea numărului de canale tangenţiale n, ceea ce se explică prin creşterea pierderilor de presiune locale, datorită măririi coeficienţilor de pierderi ξ_i, cît şi datorită creşterii vitezei combustibilului la intrarea în duză.

Figura 9 evidenţiază micşorarea criteriului Reynolds, ce caracterizează curgerea în canalele tangenţiale, prin creşterea parametrului n. În cazul *a*, curgerea se desfăşoară practic în regim tranzitoriu, iar în cazul *b* curgerea combustibilului lichid uşor este laminară.

Rezultă, astfel, că pentru acelaşi debit B, pierderile de presiune prin frecări, care variază direct proporţional cu λ_i, vor avea valori cu atît mai mici cu cît n este mai mare. Această constatare pune, de asemenea, în evidenţă ponderea mică a pierderilor de presiune prin frecările în ajutajele tangenţiale, care nu pot influenţa dependenţa şi alura variaţiei presiunii P, în funcţie de B.

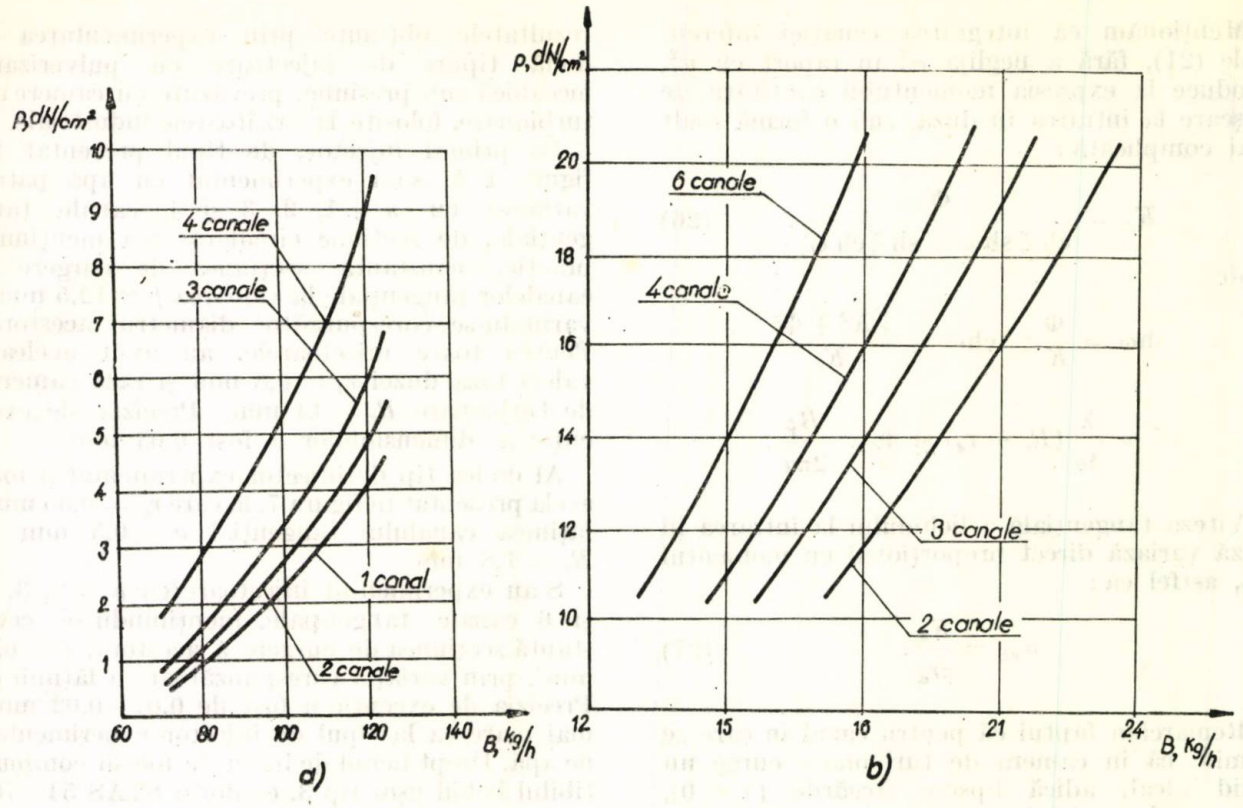


Fig. 8. Curbele $P = f(B)$ pentru :
a – injectoare pulverizînd apă; *b* – injectoare pulverizînd combustibil lichid uşor.

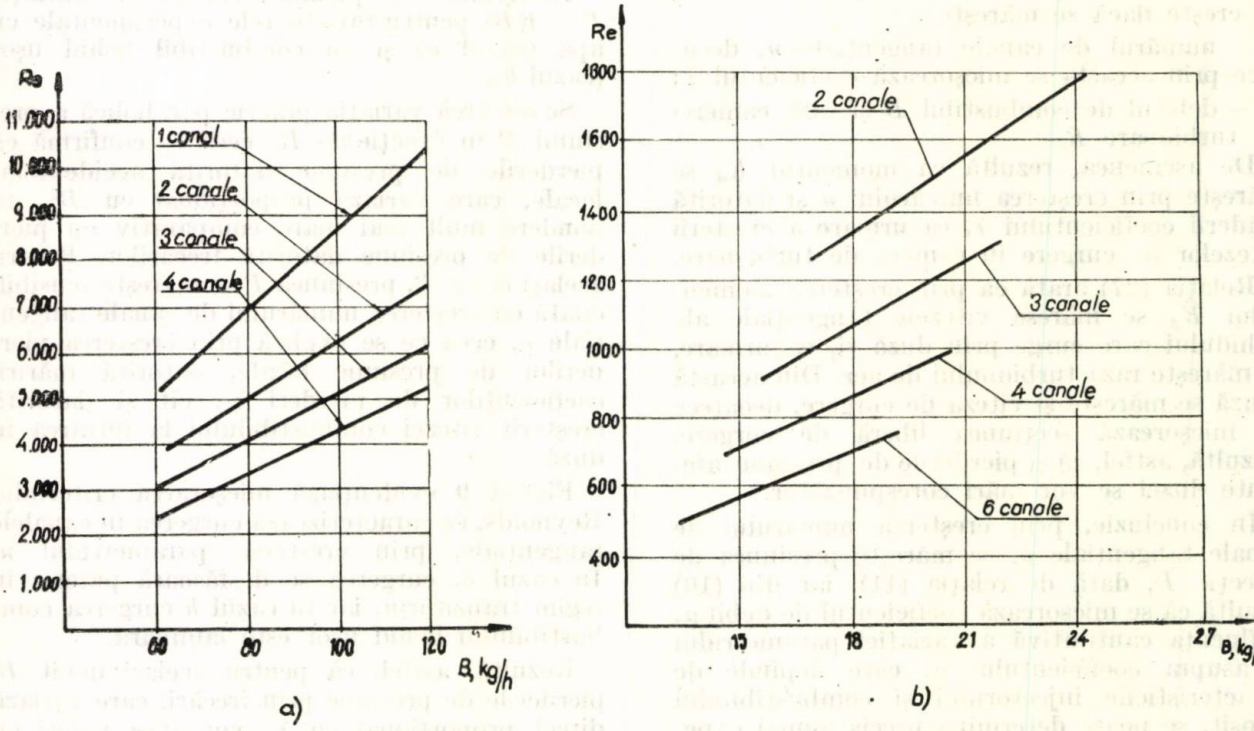


Fig. 9. Familiile de curbe $\mathrm{Re} = f(B,n)$
a – injectoare pulverizînd apă; *b* – injectoare pulverizînd combustibil lichid uşor.

Figura 10 prezintă familiile de curbe $\mu = \varphi(B,n)$, care evidenţiază că :

– pentru n = const., coeficientul μ se micşorează odată cu creşterea debitului B;

– pentru B = const., coeficientul μ are o valoare cu atît mai mică cu cît n este mai mare.

Creşterea coeficientului μ odată cu scăderea debitului B se explică, în primul rînd, prin

variația razei turbionului de aer r_m în funcție de B. Astfel, cînd B scade, se micșorează r_m, mărindu-se secțiunea F_t de curgere a lichidului prin duză.

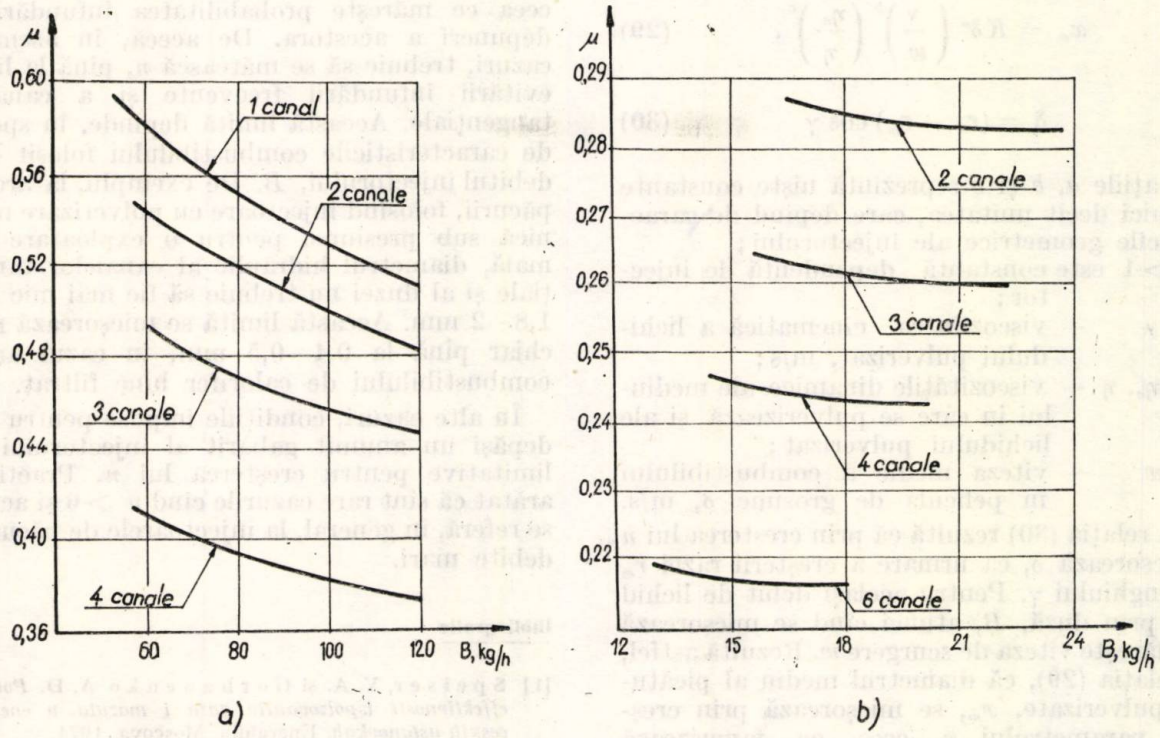


Fig. 10. Familiile de curbe $\mu = \varphi(B,n)$
a — injectoare pulverizînd apă; *b* — injectoare pulverizînd combustibil lichid ușor.

În cazul *a*), variația coeficientului μ cu B este mai rapidă decît în cazul *b*), tocmai datorită variației mai rapide a razei r_m, ca urmare a presiunilor de injecție relativ mai mici.

Scăderea coeficientului μ pentru B = const. se explică prin creșterea presiunii P odată cu mărirea parametrului n, datorită cauzelor menționate anterior. În cazul *b*), valorile coeficientului μ, apropiate de coeficientul ideal de debit μ_0, se pot explica mai ales, atît prin construcția compactă a camerei de turbionare, care determină pierderi mici de energie prin frecări, cît și prin presiunile de injecție P, relativ ridicate.

Cercetările experimentale au arătat că valorile coeficientului μ la injectoarele cu pulverizare mecanică sub presiune, de tipul cercetat, mai sînt determinate, în special, de : diametrul duzei, diametrul camerei de turbionare, numărul și forma canalelor tangențiale, presiunea de injecție, viscozitatea lichidului pulverizat și tipul constructiv adoptat. Determinarea cu precizie a coeficientului μ se poate face numai experimental. Literatura de specialitate dă o serie de formule empirice pentru calculul lui μ, valabile, însă, cu aproximație pentru unele tipuri de injectoare, în anumite domenii de variație a caracteristicilor geometrice și funcționale.

6. Unghiul și finețea de pulverizare

Mărimea semiunghiului de pulverizare γ se definește prin relația :

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_a}, \qquad (28)$$

în care

$\bar{w}_t$ și $\bar{w}_a$ reprezintă valorile medii ale vitezei tangențiale, respectiv vitezei axiale a lichidului la refularea din duză, m/s.

După cum s-a remarcat anterior, la același debit B, momentul cantității de mișcare K_a crescînd prin creșterea lui n, rezultă că și viteza $\bar{w}_t$ va fi influențată în același sens de n. De asemenea, și viteza $\bar{w}_a$ se va mări prin creșterea lui n, deoarece raza turbionului de aer se mărește prin creșterea momentului K_a.

Ca urmare, relația (28), și nici alte relații de calcul, deduse teoretic sau experimental, nu poate stabili în ce sens influențează unghiul γ variația parametrului n. Cercetările experimentale efectuate [9] au arătat că unghiul γ se mărește odată cu creșterea lui n, ceea ce favorizează o amestecare mai bună între combus-

tibil şi aerul de ardere, permiţînd realizarea unor flăcări mai scurte.

Numeroasele relaţii care se dau în literatura de specialitate pentru calculul diametrului mediu al picăturilor pulverizate pot fi puse sub forma [4]:

$$x_m = K\delta^a \left(\frac{\nu}{w}\right)^b \left(\frac{\eta_a}{\eta}\right)^c, \qquad (29)$$

unde

$$\delta = (r_d - r_m)\cos\gamma \qquad (30)$$

Notaţiile a, b şi c reprezintă nişte constante mai mici decît unitatea, care depind de caracteristicile geometrice ale injectorului;

$K > 1$ este constantă dependentă de injector;

ν — viscozitatea cinematică a lichidului pulverizat, m/s;

η_a, η — viscozităţile dinamice ale mediului în care se pulverizează şi ale lichidului pulverizat;

w — viteza medie a combustibilului în pelicula de grosime δ, m/s.

Din relaţia (30) rezultă că prin creşterea lui n se micşorează δ, ca urmare a creşterii razei r_m şi a unghiului γ. Pentru acelaşi debit de lichid scurs prin duză, B, atunci cînd se micşorează δ se măreşte viteza de scurgere w. Rezultă astfel, din relaţia (29), că diametrul mediu al picăturilor pulverizate, x_m, se micşorează prin creşterea parametrului n, ceea ce favorizează îmbunătăţirea caracteristicilor de ardere.

Concluzii

Pînă la o anumită limită, micşorarea coeficientului de debit, prin creşterea numărului de canale tangenţiale, reprezintă un procedeu de îmbunătăţire a performanţelor arzătoarelor prevăzute cu injectoare, avînd cameră de turbionare. Astfel, prin scăderea coeficientului μ, micşorîndu-se grosimea peliculei de combustibil care este refulată din duză, se măreşte unghiul de pulverizare şi se micşorează diametrul mediu al picăturilor pulverizate, ceea ce intensifică procesul de ardere. Prin creşterea parametrului n se obţin flăcări ale căror contururi se apropie tot mai mult de forma circulară, ceea ce este avantajos deoarece determină obţinerea unei încălziri mai uniforme a pereţilor focarului şi scurtarea flăcării, utilizînd mai judicios volumul afectat arderii.

Prin scăderea coeficientului de debit μ_0, ca urmare a creşterii lui n, pentru a nu se micşora debitul B, este necesară mărirea razei duzei r_d. Prin aceasta se micşorează probabilitatea înfundării cu depuneri, uşurîndu-se astfel exploatarea arzătoarelor. Trebuie, însă, remarcat că prin creşterea parametrului n, menţinînd constantă secţiunea de curgere f, trebuie să se micşoreze diametrul hidraulic al canalelor tangenţiale, ceea ce măreşte probabilitatea înfundării cu depuneri a acestora. De aceea, în asemenea cazuri, trebuie să se mărească n, pînă la limita evitării înfundării frecvente şi a canalelor tangenţiale. Această limită depinde, în special, de caracteristicile combustibilului folosit şi de debitul injectorului, B. De exemplu, la arderea păcurii, folosind injectoare cu pulverizare mecanică sub presiune, pentru o exploatare normală, diametrul hidraulic al canalelor tangenţiale şi al duzei nu trebuie să fie mai mic decît 1,8—2 mm. Această limită se micşorează mult, chiar pînă la 0,4—0,5 mm, în cazul arderii combustibilului de calorifer bine filtrat.

În alte cazuri, condiţiile impuse pentru a nu depăşi un anumit gabarit al injectorului sînt limitative pentru creşterea lui n. Practica a arătat că sînt rare cazurile cînd $n > 6$ şi acestea se referă, în general, la injectoarele de păcură cu debite mari.

Bibliografie

[1] Speiser, V. A. şi Gorbanenko A. D. *Povişenie effektivnosti ispolzovaniia gaza i mazuta v energheticeskih ustanovkah.* Energhiia, Moscova, 1974.

[2] Gheler, Z. I. *Mazut kah toplivo,* Nedra, Moscova, 1965.

[3] Ghia, V. V. *Determinarea unghiului de pulverizare la injectoarele cu cameră de turbionare cu întoarcere.* În: Energetica, nr. 9, 1966, p. 389—394.

[4] Kulaghin, L. V. şi Moroşkin, M. Ia. *Forsunki dlea raspliivaniia tiajelth toplіv.* Maşinostroenie, Moscova, 1973.

[5] Borodin, V.A. ş.a. *Raspliivanie jidkostei.* Maşinostroenie, Moscova, 1967.

[6] Ghia, V. V. şi Lemnean, N. I. *Method of calculation of the discharge coefficient and angle of spray for spill pressure-jet atomizers with lateral fuel returning.* În: Rev. Roum. Sci. Techn., Série Electrotechn. et Energ., 12, nr. 4, 1967, p, 613—622.

[7] Ghia, V. V. şi Cristea, E. D. *Discharge coefficient diminution through tangential ports number increase, with the pressure-jet atomizing burners.* În: Rev. Roum. Sci. Techn., Série Electrotechn. et Energ., nr, 4, 1978.

[8] Bird, R.B. ş.a. *Transport phenomena.* John Wiley, New York, 1966.

[9] Ghia, V. V. ş.a. *Influenţa numărului de ajutaje tangenţiale asupra coeficientului de debit şi unghiului conului de pulverizare.* În: Studii şi cercetări de energetică, Seria B, XII, nr. 1. 1962, p. 23—35.

Schemă de comandă pentru contactoare de joasă tensiune cu reanclanşare după goluri de tensiune şi cu controlul continuităţii circuitelor de comandă

Ing. E. Covar*)

1. Generalităţi

Una dintre problemele cheie ale menţinerii în funcţiune a instalaţiilor tehnologice după goluri de tensiune (scăderi de scurtă durată ale tensiunii chiar pînă la valoarea zero) este reanclanşarea contactoarelor de joasă tensiune ale căror bobine sînt alimentate cu tensiunea de pe barele de distribuţie.

Pentru reanclanşarea contactoarelor după goluri de tensiune s-au propus şi utilizat mai multe scheme de comandă:

1. Scheme cu utilizarea curentului continuu (de la baterii de acumulatoare) în circuitele de comandă, fie direct în circuitul bobinei contactorului (care trebuie proiectată pentru curent continuu), fie în circuitul bobinei unui releu de curent continuu al cărui contact închide şi deschide circuitul bobinei contactorului alimentată cu curent alternativ, la tensiunea de pe bare [1].

2. Schema cu utilizarea unui releu cu reţinere mecanică în starea anclanşat (tip RI—7), fabricat de întreprinderea „Electromagnetica" [1].

3. Schema cu releu de timp de curent alternativ cu temporizare la revenire [1].

4. Schema cu bloc de temporizare format dintr-un condensator ce se descarcă pe un releu de curent continuu [2].

5. Schema de comandă cu contacte ferme (fig. 1), care va fi analizată detaliat în cele ce urmează.

Toate schemele amintite mai sus realizează, într-un fel sau altul, funcţia de protecţie de minimă tensiune temporizată. Bobina contactorului alimentată la tensiunea de pe barele de distribuţie realizează funcţia de protecţie de tensiune minimă netemporizată, deoarece contactorul declanşează rapid (circa 40 ms) la dispariţia tensiunii la bornele bobinei.

Pentru asigurarea reanclanşării contactoarelor după goluri de tensiune, schemele de comandă propuse sau utilizate pînă în prezent realizează fie menţinerea în starea anclanşat a contactoarelor utilizînd o tensiune de comandă independentă de tensiunea de pe bare (bateriei de acumulatoare), fie utilizînd ca tensiune de comandă o tensiune dependentă de tensiune de pe bare (sau chiar pe aceasta) şi memorînd pe o durată limitată starea de anclanşat a contactoarelor, anterioară golului de tensiune, pentru a menţine posibilitatea reanclanşării în cadrul unui interval de timp limitat, dacă revine tensiunea pe bare.

Utilizarea tensiunii de comandă independente de tensiunea de pe barele de distribuţie implică realizarea unei reţele de distribuţie a curentului operativ suprapusă peste reţeaua de distribuţie a energiei (curenţilor primari) către receptoare.

Defectele (scurtcircuite, întreruperi etc.) din reţeaua curentului operativ conduc la scoaterea din funcţiune a unor secţii întregi de bare de distribuţie (tablouri de distribuţie, staţii de 6/0,4 kV) şi deci la oprirea unor secţii de fabricaţie. Acesta este un dezavantaj major, la care se adaugă şi costul relativ ridicat al instalaţiilor de comandă.

De aceea cele mai avantajoase tehnic şi economic sînt schemele care utilizează ca tensiune de comandă tensiunea de pe bare (sau o tensiune dependentă de aceasta, prin transformare, redresare etc.).

În această categorie se încadrează schemele amintite la punctele 2, 3, 4, 5, iar dintre ele schema de la punctul 5 (fig. 1) se remarcă prin deosebita simplitate şi siguranţă în funcţionare, avînd şi avantajul unui cost redus.

Trebuie menţionat că în stadiul actual schemele de reanclanşare după goluri de tensiune nu se aplică contactoarelor capsulate care se montează lîngă receptor (motor), ci numai contactoarelor montate în tablouri electrice pentru a putea realiza legăturile electrice necesare şi pentru a putea monta aparatajul suplimentar (relee de timp, relee cu reţinere mecanică — tip RI—7, blocuri de temporizare condensator — releu de curent continuu etc.).

Aceasta face necesară utilizarea cofretelor de comandă cu butoane sau chei, lîngă receptoare, şi a cablurilor de comandă (care nu apar în cazul utilizării contactoarelor capsulate). Schemele cu releu de timp şi cele cu bloc de temporizare condensator-releu de curent continuu pot fi aplicate şi contactoarelor capsulate, dar cu includerea aparatajului suplimentar în cutia contactorului şi mărirea corespunzătoare a preţului.

2. Schema de comandă cu contacte ferme

În pofida avantajelor economice ale utilizării contactoarelor capsulate, centralizarea comenzilor şi semnalizărilor pe tablouri de supraveghere a procesului tehnologic, automatizarea, existenţa mediilor cu pericol de explozie, a mediilor excesiv de corosive, de umede sau cu praf mult fac avantajoasă tehnic şi economic centralizarea contactoarelor în tablouri electrice amplasate în încăperi cu mediu normal. Pentru astfel de cazuri, schema din figura 1 se dovedeşte foarte utilă. Protecţia de tensi-

*) Eugen Covar este inginer proiectant principal III la IITPIC.

une minimă temporizată o realizează releul de timp *RTp*, care declanşează la lipsă prelungită de tensiune şi deconectează barele de tensiune *ZBT*. Pentru fiecare secţie de bare de distribuţie este necesară o baretă de tensiune

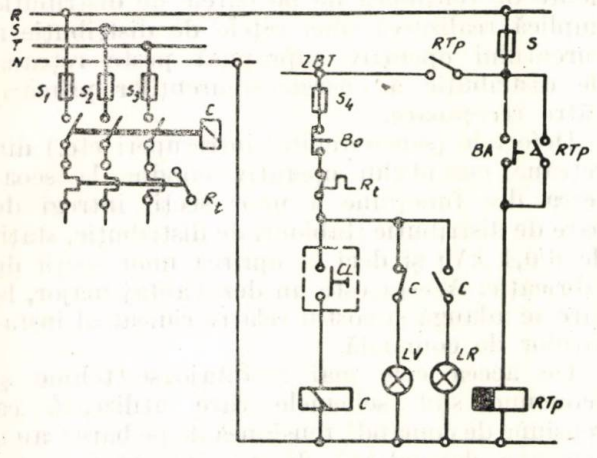


Fig. 1 :

S, S_1, S_2, S_3, S_4 — siguranţe fuzibile; *C* — contactor cu bobină de c.a.; R_t — releu termic cu rearmare manuală; *Bo* — buton de comandă cu reţinere; *CL* — cheie (buton) cu două poziţii; *BA* — buton de comandă cu revenire; *RTp* — releu de timp cu temporizare la revenire (tip RI—3T); *ZBT* — baretă de tensiune.

ZBT, realizată cu un releu *RTp* şi un buton *BA*. După revenirea tensiunii pe barele de distribuţie, repunerea în funcţiune a schemei se face prin apăsarea butonului *BA*.

La fiecare circuit primar cu siguranţe şi contactor, în circuitul bobinei contactorului contactele de comandă trebuie să fie ferme : cheile şi butoanele au cîte două poziţii stabile (fără revenire), iar releul termic are rearmare manuală.

Se observă că pentru cofretul de comandă de lîngă receptor sînt necesare : o cheie sau un buton (în loc de două butoane cu reveniri în alte scheme, indicate la pct. 2, 3, 4) şi un cablu de comandă cu două conductoare în loc de trei sau patru în alte scheme, ceea ce reprezintă un important avantaj economic. Schema de comandă prezintă siguranţă mare în funcţionare deoarece comenzile de declanşare şi de anclanşare sînt introduse direct în circuitul bobinei contactorului. În plus, comanda de declanşare dată printr-un contact ferm are şi rol de blocaj al anclanşării comandate din alt loc. Aceasta preîntîmpină accidentele în cazul comenzilor automate de anclanşare (nu sînt figurate în figura 1) în timpul lucrului la tabloul de contactoare sau la motorul alimentat prin contactor sau la utilajul acţionat.

Dezavantajul principal al schemei din figura 1 este acela că, după o lipsă prelungită de tensiune pe bare, înainte de a apăsa butonul *BA*, trebuie manevrate toate cheile *CL* pentru a deschide circuitele bobinelor contactoarelor. În caz contrar, motoarele vor porni necontrolat la punerea sub tensiune a baretei *ZBT*. În general, acest lucru este inadmisibil, deoarece se pot produce accidente umane sau distrugeri în instalaţiile tehnologice.

3. Schema unui releu pentru controlul continuităţii circuitelor

Pentru a putea utiliza schema din figura 1 cu condiţii bune de securitate a muncii şi a instalaţiilor, este necesar un aparat de control care să blocheze repunerea sub tensiune a baretei *ZBT* dacă circuitul bobinei unui contactor mai este încă închis. Acest aparat, folosit cîte unul pentru fiecare secţie de bare, este prezentat în figura 2 şi va fi denumit releu pentru controlul continuităţii circuitelor (*RCC*). Principiul lui de funcţionare constă în excitarea releului de curent continuu *d* la conectarea pe o rezistenţă exterioară R_e, dacă aceasta nu depăşeşte o anumită valoare. Utilizarea curentului continuu pentru controlul continuităţii circuitelor prezintă avantajul că rezistenţa bobinei contactorului de curent alternativ este mai mică decît impedanţa acesteia în starea declanşat a contactorului (inductanţa bobinei nu se opune trecerii curentului continuu în regim stabilizat).

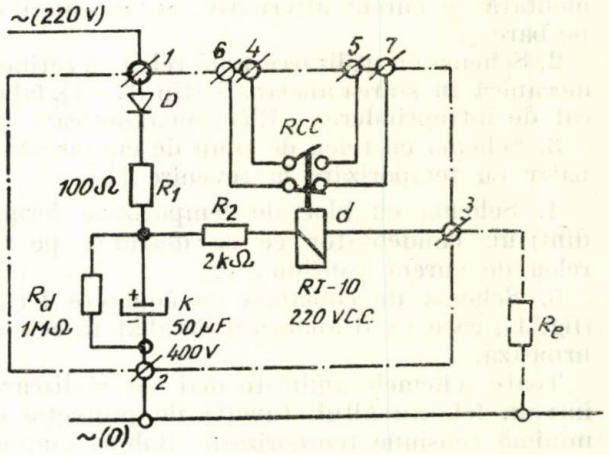


Fig. 2 :

D — diodă semiconductoare (cu Si); R_1, R_2 R_d — rezistenţe; *K* — condensator electrolitic; *d* — releu de curent continuu; R_e — rezistenţă echivalentă a circuitului controlat.

Sensibilitatea releului *RCC* se măsoară prin valoarea maximă a rezistenţei $R_e(R_{e\,max})$ la care releul *d* anclanşează.

În calculele ce urmează se vor utiliza următoarele notaţii :

R_r — rezistenţa bobinei releului *d*;
U_{nr} — tensiunea nominală a bobinei releului *d*;
P_{nr} — puterea absorbită de bobina releului *d* la tensiunea U_{nr};
I_{nr} — curentul nominal al bobinei releului *d*;
U_k — tensiunea la bornele condensatorului *K*.

Rezistenţele R_d asigură descărcarea condensatorului *K* cînd releul *RCC* nu funcţionează

și nu influențează funcționarea releului *RCC*. Se alege : $R_d = 1$ MΩ.

Rezistența R_1 limitează curentul de încărcare a condensatorului K la o valoare inferioară curentului direct admisibil (I_d) al diodei D. Rezistența R_2 este necesară dacă $U_k > U_{nr}$.

Releul d este ales de tip RI–10, avînd :

$$U_{nr} = 220 \text{ V c.c.}, \quad P_{nr} = 3 \text{ W},$$

$$I_n = \frac{P_{nr}}{U_{nr}} = 0{,}0136 \text{ A} = 13{,}6 \text{ mA};$$

$$R_r = \frac{U_{nr}^2}{P_{nr}} = \frac{U_{nr}}{I_{nr}} = 16\,100\ \Omega;$$

tensiunea maximă de funcționare :

$$U_{max} = 1{,}1\ U_{nr};$$

tensiunea minimă de executare :

$$U_{min.ex} = 0{,}68\ U_{nr};$$

tensiunea maximă de dezexcitare :

$$U_{min.dez} = 0{,}2\ U_n.$$

Determinarea rezistențelor R_2 și $R_{e\,max}$ se face pe baza următoarelor condiții :

a) Dacă $R_e = 0$, tensiunea la bornele bobinei d este mai mică sau egală cu $U_{max} = 1{,}1\ U_{nr}$.

b) Dacă $R_e = R_{e\,max}$, tensiunea la bornele bobinei d este egală cu $0{,}8\ U_{nr}$, pentru a asigura excitarea releului d (s-a luat o marjă de siguranță față $U_{min.ex.} = 0{,}68\ U_{nr}$).

Condiția a) se exprimă astfel :

$$\frac{U_k}{R_2 + R_r} \leqslant 1{,}1\ I_{nr} = 1{,}1\ \frac{U_{nr}}{R_r}, \qquad (1)$$

de unde :

$$R_2 \geqslant R_r\left(\frac{U_k}{1{,}1\ U_{nr}} - 1\right) \qquad (2)$$

Condiția b) se scrie astfel :

$$\frac{U_k}{R_e + R_r + R_{e\,max}} = 0{,}8\ I_{nr} = 0{,}8\ \frac{U_{nr}}{R_r}, \qquad (3)$$

de unde : $R_{e\,max} = R_r\left(\dfrac{U_k}{0{,}8\ U_{nr}} - 1\right) - R_2$ (4)

sau cu egalitatea din (2) :

$$R_{e\,max} = \left(\frac{U_k}{0{,}8\ U_{nr}} - \frac{U_k}{1{,}1\ U_{nr}}\right) R_r. \qquad (5)$$

Se observă că $R_{e\,max}$ (deci și sensibilitatea releului *RCC*) este cu atît mai mare cu cît cresc R_r; $\dfrac{U_k}{U_{nr}}$; $\dfrac{U_{max}}{U_{nr}}$ și cu cît scade $\dfrac{U_{min.ex}}{U_{nr}}$.

Menținerea tensiunii U_k aproape constantă se obține prin alegerea unei capacități (C) a condensatorului K suficient de mare, astfel încît scăderea tensiunii ΔU_k prin descărcarea condensatorului K cu curentul $1{,}1\ I_{nr}$ pe durata perioadei T a undei sinusoidale a tensiunii alternative să fie mică (cîțiva volți). Dioda D conduce pe o durată mică în raport cu T.

Condiția devine :

$$C = \frac{1{,}1\ I_{nr}\ T}{\Delta U_k} \qquad (6)$$

Luînd $\Delta U_k = 0{,}02\ U_{nr}$, $T = 20$ ms, rezultă :

$$C = \frac{1{,}1\ T}{0{,}02\ R_r} = \frac{1{,}1}{R_r} \text{ sau}$$

$$R_r \cdot C = 1{,}1 \qquad (7)$$

Avînd $R_r = 16\,100\Omega$, rezultă $C = 66$ μF.

Se poate accepta valoarea standardizată : $C = 50$ μF.

Tensiunea la bornele condensatorului $K(U_k)$ se stabilește la valoarea la care sarcina electrică acumulată de condensator în timp ce dioda D conduce este egală cu sarcina pierdută prin descărcare prin bobina releului. Consi-

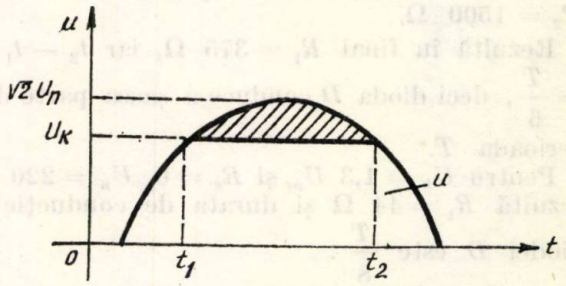


Fig. 3

derînd tensiunea alternativă de forma $u = \sqrt{2} \cdot U_n \sin \omega t$ $\left(\omega = \dfrac{2\pi}{T}\right)$ și aproximînd că $U_k = \text{const.}$, condiția de mai sus se exprimă astfel (vezi și fig. 3) :

$$\int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\sqrt{2}\ U_n \sin \omega t - U_k}{R_1} - \frac{U_k}{R_2 + R_r + R_e}\right) dt =$$

$$= \frac{U_k}{R_2 + R_r + R_e}\ [T - (t_2 - t_1)], \qquad (8)$$

care devine :

$$\frac{\sqrt{2} \cdot U_n}{R_1} \int_{t_1}^{t_2} \sin \omega t\ dt - \frac{U_k}{R_1}(t_2 - t_1) = \frac{U_k}{R_2 + R_r + R_e} \cdot T \qquad (9)$$

și în care :

$$\begin{cases} t_1 = \dfrac{1}{\omega} \operatorname{arc\,sin} \dfrac{U_k}{\sqrt{2}\,U_n} \\ t_2 = \dfrac{1}{\omega}\left(\pi - \operatorname{arc\,sin} \dfrac{U_k}{\sqrt{2}\,U_n}\right) \end{cases} \tag{10}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \sin \omega t \, dt = \frac{1}{\omega} \Big| - \cos \omega t \Big|_{\omega t_1}^{\omega t_2} =$$

$$= \frac{1}{\omega} \cdot 2 \cos \omega t_1 (\omega t_2 = \pi - \omega t_1) \cos \omega t_1 = \sqrt{1 - \frac{U_k^2}{2U_n^2}}$$

Relația (9) devine (ținînd seama că $\omega T = 2\pi$) :

$$\frac{2 \cdot \sqrt{2}\,U_n}{R_1} \sqrt{1 - \frac{U_k^2}{2U_n^2}} - \frac{U_k}{R_1}\left(\pi - 2 \operatorname{arc\,sin} \frac{U_k}{\sqrt{2}\,U_n}\right) =$$

$$= \frac{U_k \cdot 2\pi}{R_2 + R_r + R_e} . \tag{11}$$

Ecuația (11) nu se poate rezolva, practic, în raport cu U_k dacă se dau celelalte elemente. În schimb se poate determina R_1 pentru a obține o anumită valoare pentru U_k, spre exemplu $U_k = 1{,}2\ U_{nr}$ la $R_e = 0$ și $U_n = U_{nr} = 220$ V. Din (2) rezultă $R_2 = 1470\ \Omega$. Se ia $R_2 = 1500\ \Omega$.

Rezultă în final $R_1 = 375\ \Omega$, iar $t_2 - t_1 = \frac{T}{6}$, deci dioda D conduce a șasea parte din perioada T.

Pentru $U_k = 1{,}3\ U_{nr}$ și $R_e = 0$, $U_n = 220$ V, rezultă $R_1 = 44\ \Omega$ și durata de conducție a diodei D este $\frac{T}{8}$.

Curentul direct al diodei D se alege cu relația :

$$I_d \geqslant \frac{\sqrt{2}\,U_n}{R_1} \tag{12}$$

Pe baza celor expuse mai sus se propune alegerea următoarelor valori pentru schema releului RCC :

$$C = 50\ \mu\text{F}(400\ \text{V});\ R_1 = 100\Omega \text{ și } 0{,}5\ \text{W};$$

$R_2 = 2000\ \Omega$ (1 W). R_1, R_2 sînt rezistențe chimice. Se poate considera $U_k = 1{,}3\ U_{nr}$, mai ales că pentru $R_e > 0$ crește puțin și U_k.

Rezultă din (4) : $R_{e\,max} = 8000\ \Omega \approx \frac{1}{2}\ R_r$.

Dacă în relația (3) s-ar fi luat curentul minim de excitare a releului d egal cu 0,68 I_{nr}, în loc de 0,8 I_{nr}, la $U_k = 1{,}3\ U_{nr}$ și $R_2 = 2000\ \Omega$, s-ar fi obținut $R_{e\,max} = 12\,500\ \Omega$, care reflectă sensibilitatea maximă a releului RCC, sensibil mai mare decît cea garantată ($R_{e\,max} = 8000\ \Omega$).

Dacă R_e este rezistența R_{bc} a bobinei unui contactor de curent alternativ, este necesar ca $R_{bc} \leqslant R_{e\,max}$. Deoarece R_{bc} este o mărime mai greu de determinat, se va obține în cele ce urmează o relație acoperitoare.

Se utilizează notațiile :

Z_{bcd} — impedanța bobinei contactorului în stare declanșat ;
S_{bcd} — puterea aparentă absorbită de bobina contactorului în stare declanșat ;
U_n — tensiunea nominală a bobinei contactorului.

Este evidentă inegalitatea : $R_{bc} < Z_{bcd}$.
Atunci : $Z_{bcd} \leqslant R_{e\,max}$ implică : $R_{bc} < R_{e\,max}$. Dar :

$$Z_{bcd} = \frac{U_n^2}{S_{bcd}} \text{ și } R_{e\,max} \approx \frac{R_r}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{nr}^2}{P_{nr}},$$

de unde rezultă :

$$\frac{U_n^2}{S_{bcd}} \leqslant \frac{1}{2}\ \frac{U_{nr}^2}{P_{nr}} \tag{12}$$

Pentru contactoare cu bobina de 220 V c.a., $U_n = U_{nr} = 220$ V, și relația (12) devine :

$$S_{bcd} \geqslant 2\ P_{nr} \tag{13}$$

sau

$$S_{bcd} \geqslant 6\ \text{VA} \tag{14}$$

În consecință ,releul RCC avînd schema din figura 2 poate servi la controlul continuității circuitului bobinei unui contactor sau chiar releu de curent alternativ de 220 V c.a. care în starea declanșat absoarbe cel puțin 6 VA.

Condiția (14) este satisfăcută de bobinele contactoarelor din seria TCA și AC 3, fabricate de I.I.S. Electroaparataj (la contactorul TCA 6 A, $S_{bcd} = 50$ VA).

Tensiunea maximă la bornele bobinei controlate nu depășește 0,45 U_{nr} (la $R_{bc} = 8000\ \Omega$) ; deci contactorul controlat nu va putea anclanșa datorită controlului.

4. Posibilități de utilizare a releului RCC

Releul RCC, avînd schema din figura 2, poate avea multiple aplicații în controlul continuității circuitelor de comandă și în special al celor de curent alternativ. Una dintre aplicațiile importante este blocajul anclanșării necontrolate a contactoarelor comandate prin contacte ferme, conform schemei din figura 1. Rezultă schema din figura 4, a cărei funcționare este explicată în cele ce urmează.

După o lipsă prelungită a tensiunii pe barele de distribuție (R, S, T), releul RTp și contactorul C_1 sînt dezexcitate. La revenirea tensiunii, bareta de tensiune de comandă ZBT

trebuie pusă sub tensiune prin apăsarea butonului *BA*. Înainte de aceasta trebuie întrerupte circuitele bobinelor tuturor contactoarelor legate la *ZBT* pentru a împiedica anclanşarea lor (în principiu se manevrează cheile *CL*). Releul vrate chei *CL*, iar după stingerea ei se poate acţiona asupra butonului *BA*.

Semnalizarea stării contactorului *C*, al unei plecări, trebuie realizată cu o baretă separată *ZBS* (separarea circuitelor de comandă de cele

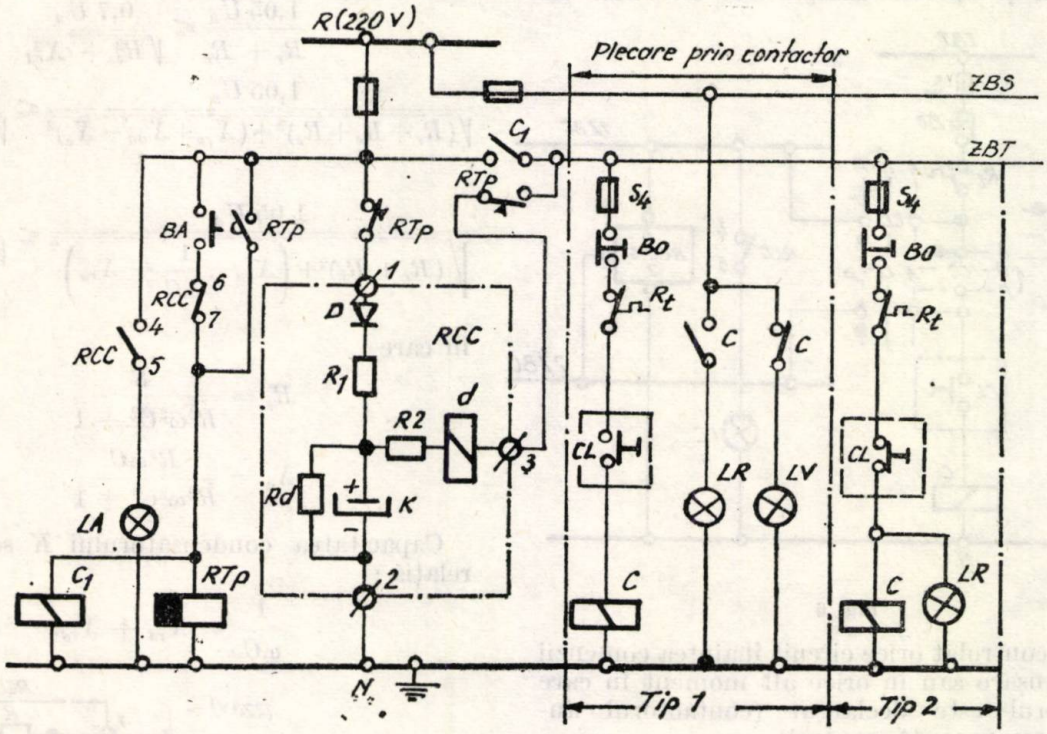


Fig. 4

RCC blochează anclanşarea releului *RTp* şi a contactorului *C1* atîta timp cît circuitul bobinei unui contactor *C* este închis (aceasta ar anclanşa după punerea sub tensiune a baretei *ZBT*). Lampa *LA*, aprinsă, arată că mai trebuie mane-

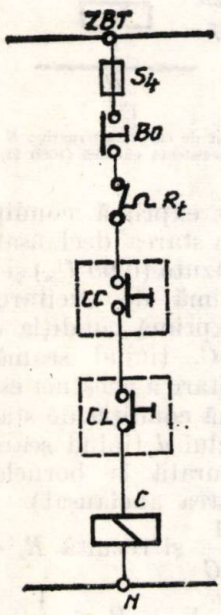


Fig. 5

de semnalizare este un avantaj), deoarece conectarea lămpii *LV* ca în figura 1 (alimentare de la *ZBT*) determină excitarea releului *RCC*. Acesta este cazul plecării de tip 1 din figura 4. Într-o variantă simplificată, semnalizarea se poate realiza ca în schema de plecare prin contactor tip 2, din figura 4.

Schema de comandă cu contacte ferme din figura 4 poate fi aplicată şi în cazul existenţei unei comenzi de la un tablou central (fig. 5) prin cheia (sau butonul cu autoreţinere) *CC*. În acest caz, *CL* are rolul de declanşare în caz de urgenţă (lîngă receptor) şi de blocaj al anclanşării (această funcţie nu se obţine în schemele obişnuite cu comandă prin butoane cu revenire).

După o lipsă prelungită de tensiune, deschiderea circuitelor bobinelor contactoarelor se face uşor de la tabloul central de comandă.

În plus se poate utiliza un releu *RCC* pentru controlul fiecărui circuit de comandă cu cheie pe tabloul central (fig. 6).

De asemenea se obţine uşor un semnal al declanşării de avarie.

Cheia *CC* are două poziţii stabile : *A* (anclanşat) şi *D* (declanşat) şi o poziţie *P*(probă) cu revenire în poziţia *D*. Pe poziţia „probă", contactorul este declanşat (contactul *CC*

din circuitul bobinei C este deschis), iar releul RCC este conectat la circuitul de comandă prin baretele 1 ZBC și 2 ZBC. Dacă circuitul este închis, cu excepția contactului CC (contactorul este aservit comenzii prin cheia CC), releul RCC se excită și aprinde lampa LC. În acest fel

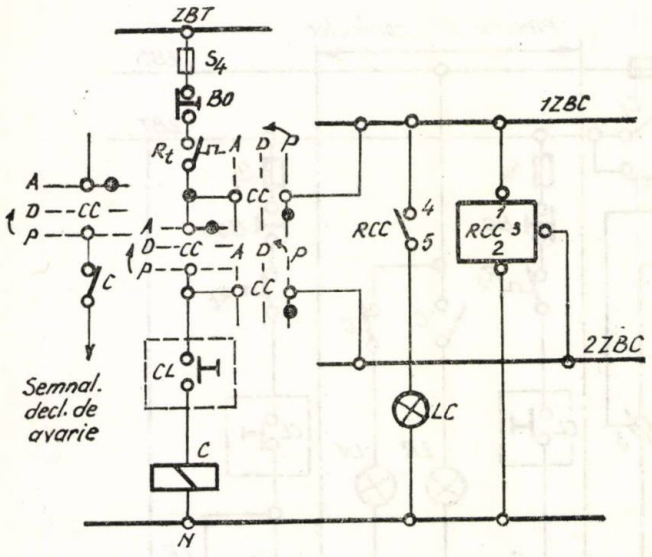


Fig. 6

poate fi controlat orice circuit înaintea comenzii de anclanșare sau în orice alt moment în care contactorul este declanșat (contactorul anclanșat nu necesită control).

Releul RCC se poate utiliza și pentru controlul automat al circuitelor de comandă, în special al acelora cu comandă automată de anclanșare. În general, la utilizarea releului RCC trebuie să se aibă în vedere că nu este admisibilă o tensiune alternativă la borna 3.

5. Controlul circuitelor în curent alternativ

O altă schemă de control al continuității circuitelor, funcționînd cu curent alternativ, este prezentată în figura 7.

Rolul condensatorului K este de a crește curentul în circuitul format de bobinele releului d și a contactorului C înseriate, prin compensarea reactanței inductive echivalente a circuitului.

Rezistența R are rolul de a reduce curentul din circuit după excitarea releului d (controlul este realizat) pînă la limita stabilității termice a bobinei releului d.

Se utilizează următoarele notații :

U_n — tensiunea nominală comună a releului d și a contactorului C ;
R_r — rezistența bobinei releului d ;
R_c — rezistența bobinei contactorului C ;
X_{rd} — reactanța bobinei releului d declanșat ;
X_{ra} — reactanța bobinei releului d anclanșat ;
X_{cd} — reactanța bobinei contactorului C declanșat ;
X_{ca} — reactanța bobinei contactorului C anclanșat ;
C — capacitatea condensatorului K ;
ω — pulsația tensiunii alternative de comandă.

Condițiile de funcționare corectă a releului $RCCa$ (fig. 7) sînt exprimate astfel :

$$\frac{0{,}8\,U_n}{\sqrt{R_r^2 + X_{rd}^2}} \leqslant \frac{0{,}95\,U_n}{R_r + R_c} \tag{15}$$

$$\frac{1{,}05\,U_n}{R_r + R_c} \leqslant \frac{0{,}7\,U_n}{\sqrt{R_c^2 + X_{cd}^2}} \tag{16}$$

$$\frac{1{,}05\,U_n}{\sqrt{(R_r+R_c+R_e)^2+(X_{ra}+X_{dd}-X_e)^2}} \leqslant \frac{1{,}1\,U_n}{\sqrt{R_r^2 + X_{ra}^2}} \tag{17}$$

$$\frac{1{,}05\,U_n}{\sqrt{(R_r + R_c)^2+\left(X_{rd} - \frac{1}{\omega C} + X_{ca}\right)^2}} \leqslant \frac{0{,}5\,U_n}{\sqrt{R_c^2 + X_{ca}^2}}, \tag{18}$$

în care

$$R_e = \frac{R}{R^2\omega^2C^2 + 1}$$

$$X_e = \frac{R^2\omega C}{R^2\omega^2C^2 + 1}. \tag{19}$$

Capacitatea condensatorului K se alege din relația :

$$\frac{1}{\omega C} = X_{rd} + X_{cd}. \tag{20}$$

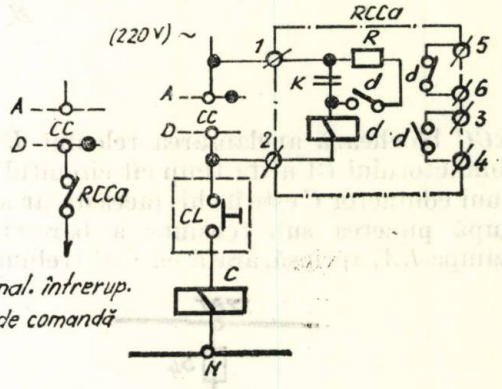


Fig. 7 :

d — releu intermediar de curent alternativ ; K — condensator (2μF) ; R — rezistență chimică (1000 Ω, 2 W).

Relația (15) exprimă condiția de excitare a releului d (în starea declanșat) la o tensiune de comandă scăzută (0,95 U_n) și ținînd seama că tensiunea minimă de excitare este 0,8 U_n. Relația (16) exprimă condiția de neexcitare a contactorului C, ținînd seamă că tensiunea minimă de excitare a acestuia este 0,7 U_n. Relația (17) exprimă condiția de stabilitate termică a bobinei releului d ținînd seama că tensiunea maximă de durată la bornele acesteia este 1,1 U_n (în starea anclanșat).

Se ia $R < \dfrac{1}{\omega C}$ și rezultă $R_e < R$ și

$$X_e < R < \frac{1}{\omega C}$$

Cu alte cuvinte, conectarea rezistenței R în paralel cu condensatorul K are ca efect creșterea rezistenței echivalente serie a circuitului și scăderea reactanței capacitive echivalente serie, ceea ce conduce la creșterea impedanței circuitului (se are în vedere că $X_{ra} > X_{rd}$) și, deci, la scăderea curentului.

Din relațiile (15) și (16) rezultă:

$$\frac{1{,}05}{0{,}7}\sqrt{R_c^2 + X_{cd}^2} \leqslant R_r + R_c \leqslant \frac{0{,}95}{0{,}8}\sqrt{R_r^2 + X_{rd}^2} \tag{21}$$

Dacă se ia în considerare o serie de contactoare de fabricație curentă (TCA), sensibilitatea maximă trebuie asigurată pentru bobina cu impedanță maximă (la TCA—6 A). Mărimile R_c, X_{cd} ale acestei bobine se introduc în relațiile (20) și (21) pentru a verifica mărimile R_r și X_{rd} ale releului ales și pentru a stabili capacitatea condensatorului K.

Rezistența R se alege astfel încît să fie satisfăcută relația (17) pentru bobina cu impedanță minimă (la contactor TCA—400 A).

Relația (18) exprimă condiția de dezexcitare a contactorului anclanșat cînd bobina contactorului se înseriază cu bobina releului declanșat (la deschiderea contactului *CC*), considerînd ca sigură declanșarea contactorului la tensiunea de 0,5 U_n.

Este util ca puterea aparentă absorbită de bobina releului *d* declanșat să fie de 2—3 ori mai mică decît puterea aparentă absorbită de bobina contactorului TCA—6 A în starea anclanșat.

Releul *RCCa* (fig. 7) poate fi utilizat în locul releului *RCC* în figura 4 sau în figura 5. Releul *RCC* are o schemă mai simplă, numai cu două borne (*1*, *2*) de alimentare, care pot fi puse în paralel la tensiunea de 220 V c.a. De asemenea releul *RCCa* se utilizează simplu la controlul automat al circuitelor (individual pe circuit), ca în figura 7. În acest caz, controlul circuitelor realizat prin releul *RCC* din figura 4 nu este perturbat, deoarece curentul continuu provenit de la *RCC* prin bareta *ZBT* nu parcurge bobina releului *d* din *RCCa*.

Concluzii

Schema de comandă cu contacte ferme din figura 4 este simplă, sigură în funcționare și economică. Numărul de conductoare utilizate în cablul de comandă spre cofretul de comandă de lîngă receptor este de 2, în loc de 3 ca în schemele de comandă cu butoane cu revenire. Considerînd o lungime medie de 70 m pentru cablul de comandă, rezultă o economie de circa 350 lei/plecare cu contactor. Dacă cheia *CL* este un întrerupător cu două poziții în carcasă izolantă, nu mai este necesar nici conductorul de legare la nul de protecție. Cofretul de comandă cu cheia *CL* este mai ieftin decît un cofret cu două butoane cu revenire folosit în alte scheme. Pentru reanclanșarea după goluri de tensiune, schema din figura 4 necesită un releu de timp (RI—3 T) și un releu *RCC* (sau *RCCa*) pentru o secție de bare de distribuție.

Schema cu efect similar cea mai răspîndită azi este schema cu releu de timp RI—3 T (cîte unul pe plecare, la prețul de 475 lei/buc). Se poate conchide că economia realizată prin utilizarea schemei din figura 4 este de 900—1200 lei/plecare cu contactor. În industrie se echipează anual 5000—10 000 de astfel de plecări (în centrale electrice, în industria chimică etc.).

În plus, releele *RCC* și *RCCa* realizează controlul integral al circuitelor de comandă (fig. 6, 7), incluzînd toate elementele de circuit (bobina contactorului *C*, conductoarele de legătură, contactele *CL*, *Rt*, 1 *Bo*) și prezența tensiunii de comandă. Cu alte cuvinte, controlul arată cu precizie dacă contactorul este aservit sau nu comenzii prin cheia CC.

De asemenea, se poate obține ușor un semnal al declanșării de avarie (fig. 6) și un semnal preventiv al întreruperii circuitelor de comandă prin controlul automat cu *RCCa* (fig. 7).

Schema din figura 4 este mai economică și decît schemele obișnuite cu butoane cu revenire și fără reanclanșare după goluri de tensiune, astfel că aceasta poate fi utilizată numai pentru avantajul economic.

În acest caz, în locul releului *RTp* din figura 4 se folosește un releu intermediar.

Ca dezavantaje ale schemei din figura 4 se pot menționa:

— releul termic R_t trebuie să fie cu rearmare manuală și să funcționeze corect (să nu revină după declanșarea la suprasarcină);

— tensiunea de comandă este luată de la o baretă de tensiune, și nu după siguranțele de forță ale fiecărui circuit cu contactor; utilizarea siguranțelor cu contacte indicatoare ale arderii fuzibilelor înlătură acest dezavantaj;

— repornirea după o lipsă prelungită de tensiune pe barele de distribuție se face după manevrarea tuturor cheilor *CC* sau *CL* (aceasta se întîmplă rar).

Dezavantajele indicate mai sus sînt minore și nu se manifestă în toate cazurile.

Bibliografie

[1] Covar, E. *Mărirea siguranței în funcționare a rețelelor electrice interioare la combinate chimice cu proces tehnologic continuu*. În: Energetica 20, nr. 6, 1972.

[2] Covar, E. *Mărirea siguranței în funcționare a rețelelor electrice interioare la combinate chimice cu proces tehnologic continuu*. Referat prezentat la al II-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", 14—16 septembrie 1973.

(Articol intrat în redacție la 27 decembrie 1978)

Aspecte privind comportarea la încercări mecanice a izolatoarelor solicitate anterior la acțiunea arcului electric de durată

Ing. **M. Dăncilă***)

Gravitatea incidentelor datorate scurtcircuitelor pe liniile electrice aeriene de înaltă tensiune poate fi accentuată prin deteriorarea izolatoarelor, ca urmare a acțiunii arcului electric de durată și mare intensitate. Una dintre metodele de prevenire a deteriorării izolatoarelor constă în reducerea probabilității de conturnare, ceea ce se poate realiza prin limitarea supratensiunilor — respectiv prin alegerea corespunzătoare a nivelului izolației LEA, sau prin limitarea acțiunii distructive a arcului electric amorsat de-a lungul lanțului de izolatoare. Aceasta din urmă se poate realiza pe două căi : alegerea unui timp redus de declanșare a defectului sau utilizarea unor dispozitive de preluare și suflaj corect a arcului electric.

Cercetările întreprinse în ICEMENERG în perioada 1972 — 1975 au urmărit elaborarea unor noi tipuri de armături de protecție a lanțurilor de izolatoare alcătuite cu elemente capă-tijă sau tijă și verificarea acestor ansamble în condiții de scurtcircuit, apropiate ca parametri de situațiile reale din exploatare.

Ținînd seama de faptul că în timpul unui scurtcircuit pe LEA arcul electric amorsat și menținut în apropierea lanțului de izolatoare poate produce, prin efectul termic datorat coloanei de arc, modificări ale caracteristicilor mecanice ale izolatoarelor, au fost efectuate încercări mecanice de tracțiune.

În cele ce urmează sînt prezentate rezultatele încercărilor mecanice efectuate asupra izolatoarelor.

1. Condiții de încercare la scurtcircuit însoțit de arc electric de putere și durată a lanțurilor de izolatoare

Reproducerea în laborator a amorsării arcului electric este o operație în general dificilă, motiv pentru care la încercarea de rezistență la arc electric a lanțurilor de izolatoare se apelează la procedee artificiale. Literatura de specialitate [1], [2], [3] sugerează două procedee :

— amorsarea arcului electric cu ajutorul unui conductor de secțiune mică, plasat de-a lungul lanțului de izolatoare, urmărind linia de fugă a acestuia ;

— amorsarea arcului cu ajutorul unei scheme sintetice, inițierea arcului fiind realizată de o sursă de înaltă tensiune, iar menținerea arcului efectuîndu-se prin intermediul unui transformator de scurtcircuit.

Solicitarea termică datorată acțiunii arcului electric depinde de nivelul curentului de scurtcircuit și se menține atîta timp cît tensiunea în circuitul de alimentare are o valoare suficientă pentru a asigura arderea stabilă a arcului.

Nivelul tensiunii de alimentare trebuie să fie ales astfel încît să se evite instabilitatea sau autostingerea arcului de putere. Orientativ, tabelul 1 prezintă nivelele medii ale tensiunilor de alimentare a circuitului de putere, pentru un curent de scurtcircuit de 20 kA_{ef}, funcție de numărul elementelor capă-tijă standard sau lungimea lanțului de izolatoare [4], [5].

Tabelul 1

Număr de elemente capă-tijă standard în lanț	Lungimea lanțului de izolatoare, mm	Tensiunea de alimentare a circuitului de putere, kV_{ef}
9	1350	12
14	2100	17
21	3150	20
24	3600	25

Experimentările în vederea estimării comportării lanțurilor de izolatoare la acțiunea de durată a arcului electric au fost efectuate pe baza unei colaborări între ICEMENERG și VEIKI-Budapesta la Laboratorul de mare putere al VEIKI. Au fost încercate lanțuri simple de izolatoare de suspensie, cu armături de protecție prototip — ulterior incluse în NIC 252-75 ICMP-București. S-a urmărit cu această ocazie comportarea la scurtcircuit de durată atît a elementelor izolatoare componente ale lanțurilor, cît și a armăturilor de protecție, și anume rezistența acestora la acțiunea prelungită a arcului electric și modul de suflaj al arcului de la suprafața izolatoarelor.

Au fost efectuate observații vizuale în timpul desfășurării probelor, cît și imediat după încercare, fiind examinate în amănunțime ansamble solicitate. În același timp, fiecare probă a fost filmată cu ajutorul unui aparat de filmare rapidă (3000 cadre/s), astfel încît în final să se dispună de un set complet de informații referitoare la desfășurarea fenomenului. Parametrii de încercare — curentul de scurtcircuit și tensiunea în arcul electric — au fost înregistrați cu ajutorul unui oscilograf de tip OCER—1,2.

2. Observații privind comportarea lanțurilor de izolatoare la solicitări cu arc electric de durată

2.1. *Lanțuri alcătuite cu izolatoare tijă*

Lanțurilor de izolatoare alcătuite cu elemente-tijă (VKLF 75/16, VKLS 75/21 și VKLS 85/21) li s-au impus condiții de încercare relativ

*) Ing. Marius M. Dăncilă este cercetător științific principal la ICEMENERG — București.

dure, care depăşesc în general situaţiile de scurtcircuit (curent de scurtcircuit şi durată) ce apar în mod normal pe LEA de 110—400 kV.

Un singur caz notabil de deteriorare s-a produs la un izolator de tipul VKLF 75/16, datorită însă depăşirii domeniului de utilizare a armăturilor de protecţie cu care a fost echipat

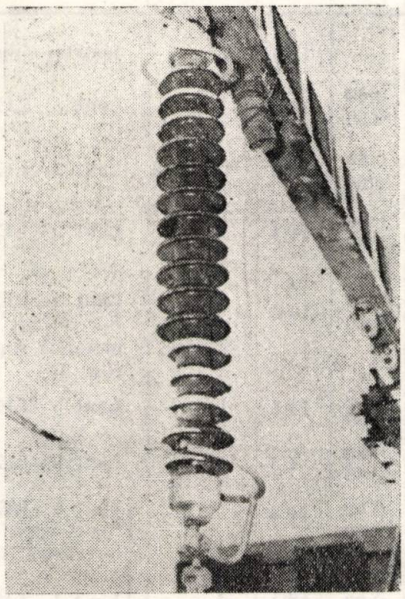


Fig. 1

acesta. Deteriorarea (fig. 1) a constat în spargerea rilelor la extremităţile izolatorului, în zona deschiderii inelelor de protecţie, după două solicitări succesive la scurtcircuit. Aşa cum se va vedea în cele ce urmează, acest lucru a determinat ruperea izolatorului — la proba de tracţiune mecanică — în zona afectată de acţiunea arcului electric.

Pentru toate celelalte izolatoare încercate, nu s-au produs deteriorări care, în condiţii de exploatare, să reclame înlocuirea.

2.2. *Lanţuri alcătuite cu izolatoare capă-tijă*

Condiţiile de încercare a lanţurilor de izolatoare alcătuite cu elemente capă-tijă au fost asemănătoare celor de la pct. 2.1.

Au fost alcătuite următoarele lanţuri de izolatoare :

2 lanţuri	7 buc.	x VZC 16/10	pentru LEA	110 kV
4 lanţuri	9 buc.	x PS6	pentru LEA	110 kV
2 lanţuri	15 buc.	x VZC 16/10	pentru LEA	220 kV
5 lanţuri	14 buc.	x PSG12A	pentru LEA	220 kV
6 lanţuri	23 buc.	x PS16	pentru LEA	400 kV

Rezultatele obţinute, referitor la comportarea acestor lanţuri în condiţiile acţiunii arcului electric de durată, au demonstrat că armăturile de protecţie utilizate au preluat în mod corespunzător arcul, realizînd un suflaj corect şi evitîndu-se în general deteriorarea suprafeţei izolatoarelor sau spargerea acestora. Doar în condiţii de solicitare extremă (cazul lanţurilor alcătuite cu izolatoare VZC 16/10 cu depăşirea domeniului de utilizare a acestora) au condus la deteriorarea izolatoarelor.

În timpul probelor de scurtcircuit au fost distruse sau deteriorate un număr de 6 izolatoare PS6 (din totalul de 36) şi 2 izolatoare PS16 (din totalul de 138) — restul acestor izolatoare fiind de asemenea supuse încercării de tracţiune mecanică.

3. Rezultate obţinute la încercări mecanice de tracţiune

3.1. *Generalităţi*

Aceste încercări au fost efectuate în scopul determinării influenţei solicitărilor repetate la arc electric de durată a lanţurilor de izolatoare, asupra sarcinii de rupere (distrugere) mecanică a izolatoarelor.

Încercările mecanice de tracţiune au urmat imediat după probele de arc electric, fiind realizate cu ajutorul unui dispozitiv de tipul AMSLER 30Z55 de 30 tone. Privitor la secţiunea de rupere (cazul izolatoarelor-tijă), figura 2 ilustrează notaţiile utilizate.

I — rupere la baza capei metalice superioare
II — rupere în jumătatea superioară a tijei izolatorului ; cifrele arabe indică cele două rile alăturate, numerotate de sus în jos ;
III — rupere în jumătatea inferioară a tijei izolatorului ; numerotarea rilelor începe de jos ;
IV — rupere la baza capei metalice inferioare.

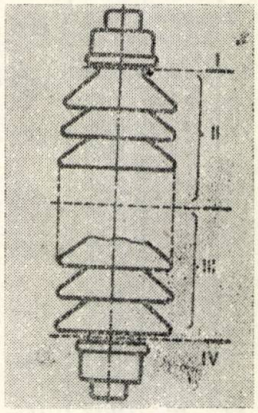


Fig. 2

Pentru fiecare tip de izolator încercat, s-a calculat, prin metode de evaluare statistică, sarcina medie de rupere, abaterea medie pătratică, fiind apoi calculat domeniul de încredere. Aceste valori au fost în cele din urmă comparate cu valorile indicate de către furnizor.

3.2. *Rezultate privind izolatoarele-tijă*

În tabelele 2—4 sînt prezentate sintetic rezultatele şi observaţiile efectuate în timpul încercărilor mecanice asupra izolatoarelor-tijă.

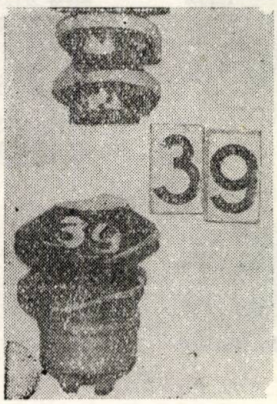


Fig. 3

Tabelul 2

Rezultate pentru izolatoare VKLF 75/16

Nr. crt.	Parametrii de încercare la arc electric		Sarcina de rupere, Mp	Secțiunea de rupere	Observații
	kA_{ef}	s			
1	—	—	18,5	IV	Izolator-martor
2	20 20	0,68 0,68	15,3	IV	Lanț 1—LEA 110 kV
3	20 20	0,60 0,60	16,2	II.1—2	Lanț 2—LEA 110 kV
4	20 20	0,60 0,60	14,6	IV	Lanț 3—LEA 110 kV
5	20 20	0,80 0,80	10,7	III.2—3	Ruptură produsă în zona afectată de arc electric (fig. 3)
6	20 20	0,80 0,80	13,8	IV	Lanț 5—LEA 110 kV
7	20 20	0,80 0,80	13,6	IV	Lanț 6—LEA 110 kV
8	13 13	0,62 0,62	14,3	I	Lanț 1—220 kV
9	13 13	0,62 0,62	11,5	I	Lanț 1—220 kV
10	13 13	0,80 0,80	14,3	I	Lanț 2—220 kV
11	13 13	0,80 0,80	13,2	IV	Lanț 2—220 kV
12	15 15	0,60 0,60	15,6	II.5—6	Lanț 3—220 kV
13	15 15	0,60 0,60	13,8	IV	Lanț 3—220 kV
14	15 15	0,56 0,75	15,8	IV	Lanț 4—220 kV
15	15 15	0,56 0,75	14,0	IV	Lanț 4—220 kV
16	15 15	0,78 0,80	15,3	I	Lanț 5—220 kV
17	15 15	0,78 0,80	11,9	II.1—2	Lanț 5—220 kV
18	20 20	0,20 0,20	14,1	IV	Lanț 6—220 kV
19	20 20	0,20 0,20	13,6	II.4—5	Lanț 6—220 kV

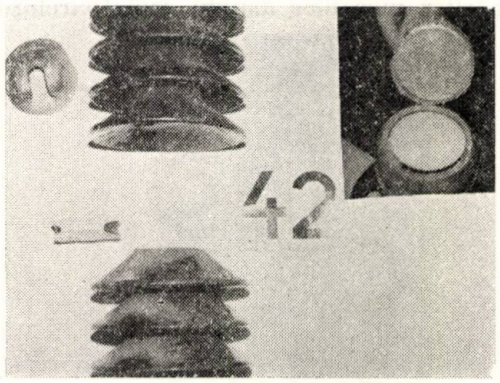


Fig. 4

Tabelul 3

Rezultate pentru izolatoare VKLS 75/21

Nr. crt.	Parametrii de încercare la arc electric,		Sarcina de rupere, Mp	Secțiunea de rupere	Observații
	kA_{ef}	s			
1	—	—	18,5	IV	Izolator—martor
2	20 20	0,60 0,60	13,0	I	Lanț 1—LEA 110 kV
3	20 20	0,60 0,60	13,0	III.5—6	Lanț 2—LEA 110 kV
4	20 20	0,60 0,60	14,4	I	Lanț 3—LEA 110 kV
5	20 20	0,80 0,80	16,6	II.9—10	Lanț 4—LEA 110 kV S-a retezat și capa metalică superioară (fig. 4)
6	20 20	0,80 0,80	14,6	I	Lanț 5—LEA 110 kV
7	20 20	0,80 0,80	14,3	I	Lanț 6—LEA 110 kV
8	13 13	0,62 0,60	15,3	—	Lanț 1—LEA 220 kV Spart capa metalică inferioară (fig. 5)
9	13 13	0,62 0,60	15,1	I	Lanț 1—LEA 220 kV
10	13 13	0,80 0,80	16,5	II.2—3	Lanț 2—LEA 220 kV
11	13 13	0,80 0,80	17,8	—	Lanț 2—LEA 220 kV Spart urechea capei metalice superioare
12	15 15	0,60 0,60	15,5	III.5—6 și 6—7	Lanț 3—LEA 220 kV
13	15 15	0,60 0,60	16,8	IV	Lanț 3—LEA 220 kV
14	15 15	0,60 0,80	15,1	I	Lanț 4—LEA 220 kV
15	15 15	0,60 0,80	17,0	II.7—8	Lanț 4—LEA 220 kV
16	15 15	0,76 0,78	16,3	I	Lanț 5—LEA 220 kV
17	15 15	0,76 0,78	14,9	IV	Lanț 5—LEA 220 kV
18	20 20	0,20 0,20	17,2	IV	Lanț 6—LEA 220 kV
19	20 20	0,20 0,20	16,4	I	Lanț 6—LEA 220 kV

În tabelul 5 sînt prezentate valorile indicate de furnizor și cele calculate pe baza încercărilor, referitoare la sarcina medie de rupere, abaterea medie și domeniul de încredere.

Pentru calculul acestor valori au fost utilizate relațiile clasice de calcul statistic pentru:

— valoarea medie a unui șir de valori;

Tabelul 4

Rezultate pentru izolatoare VKLS 85/21

Nr. crt.	Parametrii de încercare la arc electric, kA$_{ef}$	Parametrii de încercare la arc electric, s	Sarcina de rupere, Mp	Secţiunea de rupere	Observaţii
1	—	—	16,5	I	Izolator-martor
2	13 13	0,60 0,60	18,0	II.5—6	Lanţ 1—LEA 400 kV
3	13 13	0,60 0,60	13,2	III.3—4	Lanţ 1—LEA 400 kV
4	13 13	0,60 0,60	17,0	II.4—5 şi 10—11	Lanţ 1—LEA 400 kV (fig. 6)
5	13 13	0,60 0,60	18,1	II.1—2	Lanţ 2—LEA 400 kV
6	13 13	0,60 0,60	17,5	IV	Lanţ 2—LEA 400 kV
7	13 13	0,60 0,60	16,7	II.5—6	Lanţ 2—LEA 400 kV
8	13 13	0,80 0,80	15,8	I	Lanţ 3—LEA 400 kV
9	13 13	0,80 0,80	13,6	I	Lanţ 3—LEA 400 kV
10	13 13	0,80 0,80	15,5	IV	Lanţ 3—LEA 400 kV
11	13 13	0,80 0,80	13,0	I	Lanţ 4—LEA 400 kV
12	13 13	0,80 0,80	17,2	II.7—8	Lanţ 4—LEA 400 kV
13	13 13	0,80 0,80	14,8	II.4—5	Lanţ 4—LEA 400 kV
14	20 20	0,20 0,20	16,2	IV	Lanţ 5—LEA 400 kV
15	20 20	0,20 0,20	14,0	II.9—10	Lanţ 5—LEA 400 kV
16	20 20	0,20 0,20	17,2	III.9—10	Lanţ 5—LEA 400 kV
17	20 20	0,20 0,20	16,6	III.5—6	Lanţ 5—LEA 400 kV
18	20 20	0,20 0,20	14,6	IV	Lanţ 6—LEA 400 kV
19	20 20	0,20 0,20	17,1	I	Lanţ 6—LEA 400 kV

Tabelul 5

Caracteristici, Mp	VKLF 75/16		VKLS 75/21		VKLS 85/21	
	Catalog	Calculat	Catalog	Calculat	Catalog	Calculat
Sarcina medie de rupere	12	14,6	12	15,5	16	15,9
Abaterea garantată	±2,4		±2,4		±3,2	
Abaterea calculată		±4,83		±4,15		±4,97
Limita inferioară a domeniului de încredere	9,6	9,8	9,6	11,35	12,8	10,93

Fig. 5

deauna lanţul în ansamblu (cu excepţia lanţurilor pentru LEA 110 kV cu VZC 16/10). S-a adoptat astfel o soluţie de compromis, şi anume

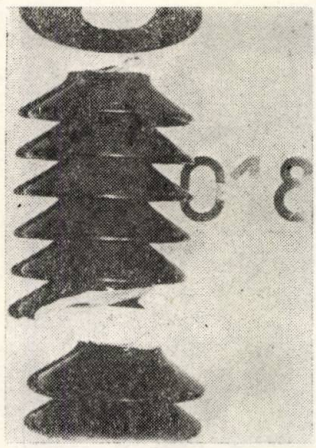


Fig. 6

— abaterea medie pătratică a şirului de abateri de tipul $(F_i - \bar{F})$;

— limitele domeniului de încredere.

3.3. *Rezultate privind izolatoarele capă-tijă*

Din considerente economice nu au putut fi încercate individual elementele componente ale lanţurilor alcătuite cu izolatoare de tipul capă-tijă. Pe de altă parte, datorită lungimii lanţurilor de izolatoare, nu s-a putut încerca totdivizarea lanţurilor de izolatoare în tronsoane, determinîndu-se astfel în final sarcina de rupere mecanică a lanţului. Din punct de vedere al acurateţei estimării statistice, rezultatele prezentate trebuie privite ca date informativ-orientative. Totuşi, pot fi evidenţiate o serie de concluzii utile asupra rezistenţei mecanice a acestor izolatoare.

În tabelele 6—9 sînt prezentate sintetic rezultatele şi observaţiile efectuate în timpul încercărilor pentru izolatoarele capă-tijă.

Tabelul 6

Rezultate pentru izolatorul tip VZC 16/10

Nr. crt.	Nr. crt. izolator din lanț	Parametrii de încercare la arc electric, kA_{ef}	s	Sarcina de rupere tronson, Mp	Observații
1	Martor	—	—	14,4	RT
2	1...7	15 15	0,60 0,60	13,4	Lanț 1—LEA 220 kV *SI*: nr. 4,6 și 7—13 *RT*: nr. 7, 11
3	8...15	15 15	0,60 0,60	13,4	
4	16...22	13 13	0,60 0,80	13,1	Lanț 2—LEA 220 kV *SI*: nr. 16—18, 21, 22, 26 și 28 *RT*: nr. 22 *SC*: nr. 25
5	23...30	13 13	0,60 0,80	10,3	
6	31...37	20 20	0,60 0,60	13,3	Lanț 1—LEA 110 kV *SI*: nr. 32—34 și 36 *RT*: nr. 34 (fig. 7)
7	38...44	20 20	0,80 0,80	12,8	Lanț 2—LEA 110 kV *SI*: nr. 40—42 *SC*: nr. 39

Notații: *RT* — ruperea tijei izolatorului nr....
SI — spargerea capei izolante a izolatorului nr....
SC — spargerea capei metalice a izolatorului nr....
ST — smulgerea tijei din liantul de armare izolator nr....

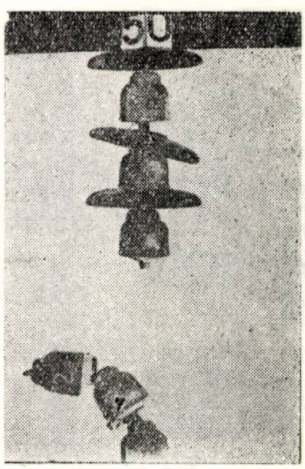


Fig. 7

Tabelul 7

Rezultate pentru izolatorul tip PS6

Nr. crt.	Nr. crt. izolator din lanț	Parametrii de încercare la arc electric kA_{ef}	s	Sarcina de rupere tronson Mp	Observații
1	2	3	4	5	6
1	1...3	15 15	0,60 0,60	9,0	Lanț 1—LEA 110 kV *SI*: nr. 1, 3, 4 și 7 *RT*: nr. 3 și 6
2	4...6			9,2	*ST*: nr. 7 (fig. 8)
3	7...9			8,4	

Tabelul 7 (continuare)

1	2	3	4	5	6
4	10...12	15 15	0,77 0,78	9,1 9,2	Lanț 2—LEA 110 kV *SI*: nr. 15 și 16
5 6	13 14' 15 16...18	15	0,80	9,4	*RT*: nr. 12 și 15 *ST*: nr. 16
7	19 20 21'	20 20	0,60 0,60	9,4 9,3	Lanț 3—110 kV *SI*: nr. 22
8 9	22...24 25...27			8,9	*RT*: nr. 22 și 26 *ST*: nr. 19
10	28 29' 30'	20 20	0,80 0,80	8,6 8,0	Lanț 4—LEA 110 kV (fig. 9)
11 12	31' 32 33 34...36	20	0,80	7,4	*SI*: — *RT*: — *ST*: nr. 29', 33 și 34
13	14	15 15	0,77 0,78	6,0	*ST*
14	21	20	0,60	10,0	*ST*
15	29	20 20	0,80 0,80	9,1	*ST*
16	31	20 20	0,80 0,80	9,0	*ST*

Observație: Izolatoarele nr. 14, 21, 29 și 31 au fost deteriorate în timpul probelor de scurtcircuit, încercările de la poz. 13—16 efectuîndu-se asupra „restului" izolatoarelor respective.

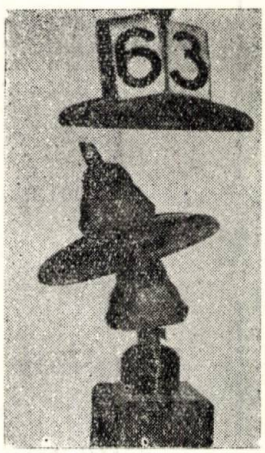


Fig. 8

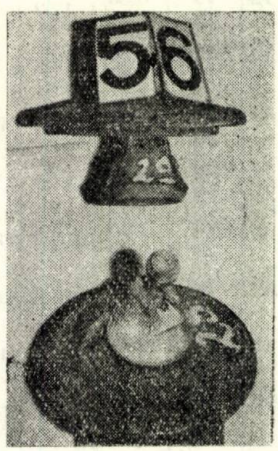


Fig. 9

Tabelul 8

Rezultate pentru izolatorul tip PSG12A

Nr. crt.	Nr. crt. izolator din lanț	Parametrii de încercare la arc electric, kA_{ef}	s	Sarcina de rupere tronson, Mp	Observații
1	2	3	4	5	6
1	1... .7	13	0,66	15,0	Lanț 1—LEA 220 kV *SI*: nr. 1 și 13
2	8...14	13	0,60	15,0	*SC*: nr. 6 și 12

Tabelul 8 (continuare)

1	2	3	4	5	6
3	15...21	15	0,82	14,8	Lanţ 2—LEA 220 kV
		15	0,80	14,4	*SI*: nr. 25
4	22...28				*RT*: nr. 16 şi 27
5	29...35	21	0,21	14,3	Lanţ 3—LEA 220 kV
		20	0,24	14,3	*SI*: nr. 32, 36 şi 39
6	36...42				*RT*: nr. 32 şi 39
7	43...49			14,6	Lanţ 4—LEA 220 kV
		15	0,60		*SI*: nr. 44 şi 47
		15	0,60	11,7	*RT*: nr. 44
8	50...56				*SC*: nr. 53 (pe urmă de fisură—fig. 10)
9	57...63			15,2	Lanţ 5—LEA 220 kV
		13	0,80		*SI*: nr. 58, 61 şi 63
		13	0,80	14,5	*SC*: nr. 59 şi 65
10	64...70				

Fig. 10

Tabelul 9

Rezultate pentru izolatorul tip PS16

Nr. crt.	Nr. crt. izolator din lanţ	Parametrii de încercare la arc electric,		Sarcina de rupere tronson, Mp	Observaţii
		kA_{ef}	s		
1	2	3	4	5	6
1	1... 6			14,3	Lanţ 1—LEA 400 kV
2	7... 12	13	0,60	13,9	*SI*: nr. 3, 5, 11, 13 şi 19
3	13...18	13	0,60	15,7	*ST*: nr. 5, 11, 13 şi19
4	19...23′			13,8	
5	24...29			14,1	Lanţ 2—LEA 400 kV
6	30...35	13	0,60	18,1	*SI*: nr. 29, 34, 35, 37,
7	36...41	13	0,60	15,0	43
8	42...46			13,0	*ST*: nr. 29, 30, 37,43
9	47...52			13,4	Lanţ 3—LEA 400 kV
10	53...58	13	0,80	18,2	*SI*: nr. 48, 57, 59 şi 60
11	59...64	13	0,80	15,3	*ST*: nr. 48, 49 şi 60
12	65...69			19,5	*RT*: nr. 66 (fig. 11)

Tabelul 9 (continuare)

1	2	3	4	5	6
13	70...75			18,5	Lanţ 4—LEA 400 kV
14	76...81	13	0,80	17,0	*SI*: nr. 73, 75, 76, 78,
15	82...87	13	0,80		80, 81 şi 83
16	88...92			17,9	*ST*: nr. 76 şi 83
				9,9	*RT*: nr. 72
					SC: nr. 90 (pe urmă veche de fisură—fig.12)
17	93...98			15,9	Lanţ 5—LEA 400 kV
18	99...104	20	0,20	17,5	*SI*: nr. 96, 103 şi 105
19	105...110	20	0,20	17,0	*ST*: nr. 103, 105 şi 114
20	111...115			16,3	*RT*: nr. 97
21	116...121			16,8	Lanţ 6—LEA 400 kV
22	122...127	20	0,20	19,5	*SI*: nr. 123, 128, 129,
23	128...133	20	0	17,0	134 şi 135
24	134...138			17,5	*RT*: nr. 121 şi 124
25	23	13	0,60	16,0	*ST*
26	MARTOR	—	—	19,0	*ST*
27	MARTOR	—	—	21,2	*ST* + *SC*
28	MARTOR	—	—	15,5	*ST*
29	MARTOR	—	—	17,0	*ST*
30	MARTOR	—	—	14,0	*ST*
31	MARTOR	—	—	18,3	*ST*
32	MARTOR	—	—	14,4	*ST* (fig. 13)

Observaţie. Izolatoarele nr. 23 şi 49 sparte anterior la proba de scurtcircuit, încercarea mecanică efectuindu-se asupra „restului" izolatoarelor respective.

Fig. 11

Fig. 12

Fig. 13

Tabelul 10

Caracteristici, Mp	VZC 16/10		PS6		PSG12A		PS16	
	Catalog	Calculat	Catalog	Calculat	Catalog	Calculat	Catalog	Calculat
Sarcina minimă de rupere	10,0		6,0		12,0		16,0	
Sarcina medie de rupere		12,86		8,65		14,36		15,99
Abaterea medie		±2,96		±2,7		±2,31		±6,85
Limita inferioară a domeniului de încredere		9,9		5,95		12,05		9,14

Tabelul 10 prezintă valorile indicate de furnizor şi valorile calculate pe baza rezultatelor experimentale.

4. Observaţii privind rezultatele încercărilor mecanice

4.1. *Izolatoare tip tijă*

Faţă de valoarea sarcinii medii de rupere garantată, doar pentru izolatoarele de tipul VKLS 85/21, sarcina medie calculată este inferioară, această diferenţă putîndu-se datora lotului restrîns de izolatoare încercate. Tot din acest motiv abaterea medie calculată şi domeniul de încredere determinat depăşesc limitele garantate de furnizor.

În urma încercărilor mecanice de tracţiune, s-a constatat faptul că toate izolatoarele s-au încadrat — în ceea ce priveşte sarcina de rupere — în domeniul garantat de furnizor. Tabelul 11 oferă o imagine mai sugestivă a acestei situaţii.

Tabelul 11

Sarcina de rupere / Tipul izolatorului	$(\overline{F}_r-\sigma_g)\leq F<\overline{F}_r$	$\overline{F}_r < F$	Observaţii
VKLF 75/16	16,7	83,3	În % din numărul total al izolatoarelor încercate
VKLS 75/21	—	100,0	
VKLS 85/21	44,5	55,5	

$\overline{F}_r$ — sarcina medie de rupere garantată de furnizor;
σ_g — abaterea medie garantată de furnizor;
F — valoarea sarcinii de rupere.

S-a remarcat că, în general, acţiunea arcului electric nu a influenţat caracteristicile mecanice ale izolatoarelor-tijă, cu excepţia unui singur caz, care a fost detaliat anterior.

Armarea izolatoarelor s-a dovedit a fi corespunzătoare; nu s-a semnalat nici un caz de desprindere din liant a capelor metalice terminale. Cele trei cazuri de spargere a capei metalice (pentru izolatorul tip VKLS 75/21) nu se consideră critice, întrucît s-au produs la valori ale sarcinii de rupere superioare limitei domeniului garantat de furnizor.

4.2. *Izolatoare tip capă-tijă*

Se apreciază că, din punct de vedere mecanic, izolatoarele capă-tijă din porţelan tip VZC 16/10 sînt corespunzătoare; deteriorarea caracteristică a constat în ruperea tijei (RT) cu spargerea simultană a capei izolante (SI).

Deteriorarea caracteristică a izolatoarelor de sticlă PS6 a constat în smulgerea tijei din liantul de armare (ST) cu spargerea simultană a capei izolante (SI).

Spargerea repetată a capei metalice (SC) a izolatoarelor tip PSG12A denotă fie tehnologie necorespunzătoare de turnare a acestora, fie subdimensionare. Armarea izolatoarelor PSG-12A s-a dovedit în schimb corectă, nefiind semnalat nici un caz de smulgere a tijei din liant.

O situaţie mai delicată se prezintă însă pentru izolatoarele tip PS16, la care au fost evidenţiate toate tipurile de deteriorări. Rezultatele obţinute pentru un număr relativ mare de elemente încercate denotă o calitate slabă a acestor elemente. Domeniul de dispersie al valorilor sarcinii de rupere (9,9...21,2 tone) se consideră a fi mult prea mare, impunînd exigenţă sporită la recepţia loturilor provenite din import.

O sinteză a rezultatelor este prezentată în tabelul 12.

Tabelul 12

Sarcina de rupere / Tipul izolatorului	$F \leq \overline{F}_r$	$\overline{F}_r \leq F$	Observaţii
VZC 16/10	—	100,0	În % din numărul total al izolatoarelor încercate
PS6	—	100,0	
PSG12A	5,5	94,5	
PS16	65,0	35,0	

Încercările mecanice efectuate asupra „restului" izolatoarelor sparte în timpul încercării anterioare la scurtcircuit nu au relevat o diminuare a sarcinii de rupere faţă de valoarea garantată de furnizor, distrugerea acestor „resturi" făcîndu-se — aşa cum era de aşteptat — prin smulgerea tijei din liantul de armare (ST).

Concluzii

În cadrul unui program complex de cercetare a fost verificată comportarea în condiţii de solicitare la scurtcircuit de durată a unor

lanţuri de izolatoare destinate LEA 110—400 kV, echipate cu izolatoare tijă şi capă-tijă.

În scopul evidenţierii influenţei arcului electric de durată asupra caracteristicilor mecanice ale izolatoarelor, au fost efectuate încercări mecanice de tracţiune.

Rezultatele obţinute la încercările mecanice au relevat faptul că acţiunea arcului electric — în condiţiile unei preluări şi suflaj corect din partea armăturilor de protecţie — nu influenţează caracteristicile mecanice ale izolatoarelor, acestea păstrîndu-se în limitele garantate de furnizor. Fac excepţie de la aceasta doar izolatoarele PS 16, pentru care se impune exigenţă sporită la recepţia loturilor provenite din import.

Bibliografie

[1] Hebert, P.Y. şi Porcheron, Y.M. *Design of a reliable insulation string equipment with respect to power arcs.* IEEE Winter Power Meeting (1969), Paper No. 69—CP—677—PWR.

[2] Ban, G., Karsa, B., Kertesz, V, şi Mihalkovics, T. *Nagyfeszültségü szigetelök ivállósági vizsgálatának uj módszere.* În: Elektrotechnika, 65, no. 1—2, 1972, p, 10—22.

[3] Ozaki, Y., Saruyama, Y. şi Manabe, I. *High-current arcing resistance of insulators for transmission lines.* În: Electrical Engineering in Japan, 87, no. 5, 1967, p. 91—101.

[4] Brasca, E., Comellini, E. şi Dell'Olio, D. *Power-arc on insulator strings. Testing procedures and design of guard devices for HV transmission lines.* În: IEEE Transactions on PAS, PAS—89, no. 3, 1970, p. 420—428.

[5] Dăncilă, M. *Comportarea la diverse tipuri de solicitări a lanţurilor de izolatoare şi a armăturilor de protecţie la LEA 110—400 kV.* ICEMENERG, Bucureşti, 1975.

(Articol intrat în redacţie la 22 noiembrie 1978)

CRONICA

Consfătuirea de lucru cu tema: „Informarea documentară ştiinţifică şi tehnică în ramura Industriei energiei electrice şi termice"

— Suceava, 22 — 23 martie 1979 —

Organizată în cadrul acţiunii de atragere a maselor la activitatea de creaţie ştiinţifică şi tehnică, cu prilejul celei de-a doua ediţii a Festivalului naţional „Cîntarea României", această consfătuire constituie cadrul de dezbatere, pentru prima oară la nivelul ramurii energiei electrice, a problemelor legate de activitatea de informare documentară, avînd ca scop îmbunătăţirea şi intensificarea acestei activităţi pentru a contribui la înfăptuirea obiectivelor întregului sector energetic românesc.

La consfătuire au participat delegaţi ai unităţilor Ministerului Energiei Electrice, reprezentanţi ai consiliilor oamenilor muncii şi ai comitetelor sindicale din întreprinderi, precum şi invitaţi din învăţămîntul superior şi din instituţii centrale cu preocupări în domeniul informării şi documentării ştiinţifice şi tehnice din ţară.

Lucrările consfătuirii au fost salutate, în şedinţa de deschidere, de Comitetul judeţean P.C.R. Suceava, prin reprezentantul său tov. Beleca, de Comitetul Uniunii Sindicatelor din ramură, prin tov. C. Scurtu, de directorul IRE Suceava, ing. O. Mustaţă. Tot în cadrul şedinţei de deschidere, participanţii au putut aprecia preţioasele îndrumări date de ing. I. Măierean, directorul Direcţiei tehnice din M.E.E., care au constituit nu numai o orientare a lucrărilor consfătuirii, dar şi indicaţii concrete în desfăşurarea ulterioară a acestei activităţi, în contextul obiectivelor importante ale sectorului energetic românesc.

Modul în care este organizată informarea documentară în ramura energiei electrice şi formele acesteia au fost expuse în referatul prezentat de Institutul central de cercetări energetice, care, prin Oficiul de informare documentară pentru energetică, coordonează această activitate în cadrul ramuri. Corelat cu preocupările izvorîte din politica energetică a ţării noastre, referatul a arătat şi direcţiile în care se apreciază că trebuie acţionat în vederea perfecţionării activităţii informaţionale şi a creşterii eficienţei sale.

Din amplul şi interesantul referat prezentat de ing. Gh. Anghel, directorul Institutului Naţional de Informare Documentară (INID), privind rolul informării şi documentării în dezvoltarea economico-socială, pe lîngă multiplele forme în care se concretizează această activitate la nivelul economiei naţionale, s-au mai reţinut şi o serie de servicii pe linia informării şi documentării pe care INID le poate oferi unităţilor şi specialiştilor din cadrul M.E.E.

De asemenea, posibilităţi de informare care nu trebuie neglijate au rezultat din materialul prezentat de ing. I. Marinescu, directorul OSIM, precum şi sprijinul pe care acest oficiu îl poate acorda specialiştilor prin documentarea din brevetele de invenţii. Totodată, recomandarea ca unităţile noastre să-şi creeze brevetoteci apare ca necesară pentru completarea fondului informaţional al acestora.

Din unele referate şi discuţii a reieşit că există posibilităţi ca sectorul energetic să beneficieze într-o măsură sporită de sursele de informare de specialitate existente în ţară, cît şi de cele oferite prin Sistemul internaţional de informaţii ştiinţifice şi tehnice al ţărilor membre CAER, prin utilizarea mijloacelor moderne de calcul, în această direcţie ISPE revenindu-i sarcina proiectării sistemului automat de informare ştiinţifică şi tehnică în ramura energiei electrice.

Participanţii la consfătuire au avut prilejul, prin referatul prezentat de Institutul de cercetări pentru electrotehnică,

să cunoască experiența dobîndită de acest institut în exploatarea unui sistem automat de informare (ARIEL), expunerea fiind însoțită și de exemplificări de cercetări bibliografice efectuate la calculator.

Tot pe linia automatizării serviciilor de informare în ramura energiei electrice a fost audiată prezentarea sistemului automatizat de informare asupra prescripțiilor tehnice în domeniul energeticii — PRESENERG — elaborat de ICEMENERG.

Consfătuirea a avut un pronunțat caracter de lucru, constituind un valoros schimb de experiență între unitățile M.E.E., ale cărui rezultate trebuie să se concretizeze în generalizarea ideilor și soluțiilor care s-au dovedit valoroase în practica diferitelor unități. Atfel, IRE Cluj, spre exemplu, a prezentat referatul privind activitatea de informare documentară din cadrul întreprinderii, exemplificînd prin proiectarea de diapozitive însoțite de înregistrări pe bandă de magnetofon a descrierii unor tehnologii noi, metodă eficientă, care poate fi aplicată în toate unitățile M.E.E.

În cadrul dezbaterilor, majoritatea participanților au pus un accent deosebit pe necesitatea luării măsurilor tehnico-organizatorice menite să conducă la îmbunătățirea și intensificarea activității de informare și documentare în toate unitățile M.E.E. Ea trebuie să aducă o contribuție mai substanțială la realizarea programelor prioritare ale sectorului energetic al țării privind: creșterea siguranței în funcționare a instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice, reducerea consumului specific de combustibil în centralele electrice și a consumului propriu tehnologic în centrale și rețele, creșterea producției de energie electrică pe cărbune și a energiei hidroelectrice, elaborarea și introducerea mai accentuată a surselor noi de energie, conceperea și realizarea de produse noi, specifice ramurii energetice, creșterea productivității muncii în construcții și montaje etc. Cu alte cuvinte, apare ca primordial în activitatea de informare documentară ca aceasta să fie ancorată în necesitățile acute ale ramurii energiei electrice și termice, așa cum recomanda, în ședința de deschidere, reprezentantul M.E.E. — ing. I. Măierean.

În încheierea lucrărilor consfătuirii a fost dezbătut proiectul de concluzii privind măsurile de luat pentru perfecționarea activității, dintre care sînt de semnalat:

— Analizarea, în cadrul consiliilor oamenilor muncii (consiliilor științifice), a activității de informare documentară din unitate și stabilirea de măsuri și responsabilități concrete pentru asigurarea desfășurării unei activități permanente de informare documentară, cuprinzînd pe toți oamenii muncii. În acest sens, în fiecare unitate va fi stabilit un cadru de conducere care să coordoneze și să răspundă de această activitate și se va asigura baza materială pentru desfășurarea corespunzătoare a ei (bibliotecă tehnică, sală de lectură, completarea fondului documentar, în special pentru nivelul mediu, ordonarea și fișarea bibliografică etc.).

— Intensificarea acțiunilor de propagandă tehnică, de popularizare a temelor de cercetare și introducere a progresului tehnic, a tehnologiilor noi, a planurilor tematice de invenții și inovații.

În încheiere considerăm că scopul consfătuirii poate fi atins dacă toate unitățile M.E.E. vor participa la îmbogățirea fondului documentar și informațional al ramurii, atît prin obținerea de informații, cît și prin transmiterea celor pe care le dețin.

Recenzii

A. LECA. **Ridicarea eficienței aparatelor schimbătoare de căldură.** Editura tehnică, București, 1978, 196 p.

Lucrarea face parte din ciclul „Dezvoltarea energeticii, economia de combustibil și energie", inițiat de Editura tehnică în 1974, fiind a zecea apariție din acesta. Problematica abordată reprezintă o contribuție a autorului — dr. ing. Aureliu Leca, conferențiar la Institutul politehnic București — la completarea informațiilor din literatura tehnică din acest domeniu în țara noastră.

Elaborată în contextul acțiunii generale de gospodărire rațională a energiei și de reducere a pierderilor energetice, lucrarea analizează căile de îmbunătățire a performanțelor schimbătoarelor de căldură în vederea ridicării eficienței lor. Necesitatea acestei analize este justificată, pe de o parte, de extrema diversitate și de importanța deosebită a aparatelor schimbătoare de căldură din toate sectoarele industriale, iar pe de altă parte de tratarea simplificată, în mod nejustificat, în proiectare și exploatare a acestor echipamente, prin neglijarea unor aspecte constructive și funcționale importante, ceea ce conduce ulterior la o comportare neeconomică, la pierderi nejustificate de energie.

În acest sens, este cunoscut faptul că în practică aprecierea funcționării unui schimbător de căldură se face într-un mod cu totul incomplet, pe baza eventualelor indicații ale unui minim de aparate de măsură sau în funcție de starea izolației termice, fără să se ia în considerare valoarea pierderilor de presiune și a energiei de pompare, mărimea și evoluția depunerilor în timp, sau fără să se întocmească și să se analizeze periodic bilanțul energetic.

Lucrarea este alcătuită din șapte capitole, întregul material prezentat bazîndu-se pe numeroase informații bibliografice recente.

Capitolul 1 analizează sintetic stadiul actual în tehnica schimbătoarelor de căldură, orientările și tendințele de dezvoltare în acest domeniu. Se menționează indicațiile de alegere a schimbătoarelor de căldură tubulare, recomandările generale de proiectare și analiza unor aparate compacte (cu plăci, spirale etc.) care prezintă un număr de avantaje constructive, funcționale și economice în comparație cu soluțiile clasice.

În capitolul 2 se discută calculul termic al schimbătoarelor de căldură; în afară de metoda factorului de corecție, practic singura folosită în țara noastră, utilizabilă numai în calcule de proiectare, se prezintă încă două metode moderne de calcul, bazate pe noțiunile de „eficiență termică a schimbătorului de căldură" și de „număr de unități de transfer de căldură", însoțite de un bogat material grafic ajutător, metode folosite în calculele de dimensionare, de verificare (alegere) și de regim de funcționare a schimbătoarelor de căldură. Se prezintă, de asemenea, algoritmul pentru cele 21 de cazuri de calcul termic.

Considerarea efectelor depunerilor în proiectarea și funcționarea schimbătoarelor de căldură constituie subiectul capitolului 3. În literatura de specialitate se apreciază că depunerile reprezintă principala problemă nerezolvată în schimbul de căldură. Ele influențează performanțele termice, investiția aparatului, energia de pompare, perioada de funcționare și de revizie. În acest capitol se prezintă, de asemenea, metodele de considerare a efectelor depunerilor (metoda factorului de murdărire și metoda rezistenței termice a depunerilor), precum și calculul economic al schimbătoarelor de căldură cu depuneri.

Capitolul 4 cuprinde calculul hidrodinamic al schimbătoarelor de căldură, respectiv modul de determinare a pierderilor de presiune și a energiei de pompare la aparatele cu suprafață de schimb de căldură.

În capitolul 5 se tratează analiza exergetică a schimbătoarelor de căldură. Aplicarea acestei metode de analiză ter-

modinamică la studiul funcționării aparatelor de transfer de căldură constituie folosirea unui criteriu unitar și complet de apreciere a performanțelor acestor aparate. În acest capitol se prezintă, de asemenea, modul de întocmire și analiză a bilanțurilor energetice și exergetice ale aparatelor schimbătoare de căldură.

Capitolul 6 completează capitolul precedent, prezentînd indicii de calitate ai schimbătoarelor de căldură, și anume : coeficientul de reținere a căldurii, randamentul termodinamic, eficiența termică, randamentul exergetic, pierderea specifică de presiune și două criterii tehnico-economice. Tot în acest capitol se descriu caracteristicile de funcționare a schimbătoarelor de căldură.

În capitolul 7 se face o prezentare comparativă a metodelor de intensificare a transferului de căldură în aparatele schimbătoare de căldură, dintre care se menționează promotorii de turbulență (rugozitatea artificială și generatorii de turbulență).

Utilizarea elementelor prezentate în cadrul fiecărui capitol este exemplificată printr-un număr de 26 de aplicații numerice corespunzător alese, între care și exemple de bilanțuri energetice ale schimbătoarelor de căldură. Lucrarea are un pronunțat caracter practic și prin cuprinderea a numeroase diagrame, tabele, indicații și recomandări, fiind deosebit de utilă în acțiunea de întocmire și analiză a bilanțurilor energetice la aparatele de schimb de căldură, conform prevederilor Decretelor 620/1973 și 281/1977 privind dezvoltarea bazei energetice și folosirea mai judicioasă a combustibililor și energiei.

Ing., ec. **Gabriel Poenaru**

D. MANGERON și N. IRIMICIUC. **Mecanica rigidelor cu aplicații în inginerie.** Vol. I — Mecanica rigidului. Editura tehnică, București, 1978, 504 p,

Lucrarea reprezintă, cum spun chiar autorii, rodul unei munci îndelungate de adaptare a disciplinei de mecanică la necesitățile tehnicii.

Cartea își propune, și reușește deplin, să modeleze disciplina în concordanță cu cerințele mecanicii tehnice actuale și să reorganizeze vastul material informațional, să-l selecteze și în special să-l completeze după un criteriu nou, cu scopul unei eficiențe sporite de instruire.

Lucrarea, de înaltă factură tehnică, este concepută în două volume.

În primul volum se tratează aspectele teoretice ale cinematicii și dinamicii, se adoptă solidul rigid ca model de lucru, ceea ce apropie mai mult lucrarea de față de practica inginerească.

În carte se reconsideră axiomele mecanicii clasice, se reformulează la nivelul maselor elementare, se adoptă noi definiții și se stabilesc formele ecuațiilor dinamicii pe baza noului model — solidul rigid.

Lucrarea folosește metoda deductivă pentru investigație cu scopul de a prezenta în mod unitar diversele aspecte particulare ale proceselor mecanice și de a stabili generalizările ce se impun. Ea folosește o nouă ordonare a materialului cerut de logica deducțiilor și concluziilor și un aparat matematic modern, dar evită supraîncărcarea și exemplifică principalele probleme teoretice cu aplicații practice care se apropie mai mult de cele pe care le întîlnim în mod curent în tehnică.

În volumul I — Mecanica rigidului — sînt studiate, sub toate aspectele, mișcările rigidului din punct de vedere cinematic și dinamic, inclusiv starea de repaus, în ipoteza că aceste mișcări nu influențează mișcările celorlalte corpuri cu care se află în interacțiune.

Acest volum are două părți distincte.

Partea întîi : „Teoria echivalenței sistemelor vectoriale mecanice" — are un singur capitol, care se ocupă de procedeele de modelare matematică a operațiilor de efectuare pe baza legilor fizice avînd la bază reprezentarea matematică a mărimilor mecanice, operații cu vectori și echivalența sistemelor vectoriale mecanice.

Partea a doua — „Cinematica și dinamica rigidului" — are următoarele capitole :

Capitolul II — „Cinematica mișcării absolute" — cuprinde : cinematica mișcării absolute a punctului, a mișcării absolute generale și a unor cazuri particulare privind rigidul.

Capitolul III — „Cinematica mișcării compuse a rigidului" — studiază cinematica mișcării compuse generale și unele cazuri particulare ale acestei mișcări a rigidului.

Capitolul IV — „Dinamica mișcării absolute a rigidului" — tratează problemele generale ale dinamicii rigidului, dinamica mișcării absolute generale și unele cazuri particulare ale mișcării absolute a rigidului și punctului material.

Capitolul V — „Dinamica mișcării relative a rigidului" — cuprinde relațiile generale în dinamica mișcării relative a rigidului, echilibrul relativ și dinamica unor cazuri particulare de mișcări relative ale rigidului.

Instrumentul matematic folosit, în funcție de descrierea cît mai fidelă a evoluției proceselor modelate, este metoda vectorială, relațiile fiind date atît sub formă vectorială cît și sub formă matricială, făcînd posibilă folosirea tehnicii moderne de calcul.

Cartea prezintă disciplina mecanicii sub alte aspecte decît cele cunoscute, dar înglobează în același timp și aportul personal al autorilor, aport concretizat în numeroase alte lucrări de specialitate, publicate în țară și străinătate.

Consider că această lucrare, de mare ținută științifică și tehnică, ar trebui dublată de o culegere de probleme speciale, alcătuită după aceleași principii, care să aducă în atenția celor interesați noi moduri de rezolvare a unor chestiuni complexe cu care ne mai confruntăm încă în practica inginerească.

Așteptînd apariția în 1979 a celui de-al doilea volum (sperăm într-un tiraj sporit față de primul, care s-a epuizat imediat) — care va întregi lucrarea cu mecanica sistemelor de rigide, ceea ce va permite rezolvarea unor probleme complexe ale mecanicii interesînd și domeniul instalațiilor energetice—, o recomandăm tuturor celor care au contingență cu mecanica în diversele sectoare ale sistemului energetic, de la proiectare-cercetare la întreținere și exploatare.

Ing. **N. Șorea**

Inginer ALEXANDRU NOURESCU
1917 — 1979

La data de 25 aprilie 1979, în plină și rodnică activitate, lovit pe neașteptate de o boală necruțătoare, s-a stins din viață inginerul Alexandru Nourescu, director — președinte al Biroului executiv al Consiliului științific al Institutului de studii și proiectări hidroenergetice — ISPH.

S-a născut la 15 noiembrie 1917 la Ungureni, Bacău. După studii liceale la Bacău, urmează cursurile Școlii politehnice din București, pe care le absolvă în anul 1942, obținînd titlul de inginer constructor diplomat cu mențiunea ,,cum laude''.

Se încadrează de la început în activitatea de construcții, lucrînd, cu elanul caracteristic tinereții, la importante și variate lucrări, ca : alimentarea cu apă a Municipiului București, alimentarea cu apă pentru irigarea incintei agricole Chirnogi — Oltenița, rezervoare și stații de pompare pentru diverse alimentări cu apă etc. De pe urma acestei activități dobîndește o prețioasă experiență de bază în realizarea diferitelor genuri de construcții, și în special a celor hidrotehnice și edilitare, și se formează ca un bun organizator și specialist în probleme de organizare a șantierelor de construcții.

În 1950, cînd în cadrul Institutului de studii și proiectări energetice (ISPE) se pun bazele Planului de electrificare a patriei noastre și, respectiv, se inițiază construirea primelor centrale hidroelectrice din cadrul acestui plan — ,,V.I. Lenin''—Bicaz, Sadu V, Moroeni—, entuziastul inginer Alexandru Nourescu se alătură, la data de 15 octombrie, proiectanților din ISPE — Sectorul hidro, preluînd de la bun început sarcini de răspundere pentru elaborarea proiectelor barajului Izvorul Muntelui și centralei hidroelectrice ,,V.I. Lenin''—Bicaz, pentru rezolvarea dificilelor probleme privind organizarea execuției acestui important obiectiv hidroenergetic, căruia i-a dedicat întreaga sa experiență acumulată anterior.

Au fost grei primii ani de pionierat în proiectarea de mari construcții hidroenergetice, au fost multe dificultăți tehnice de învins, dar inginerul Alexandru Nourescu, cu experiența sa, cu talentul său de bun organizator, a știut să rezolve toate problemele și să propună soluțiile cele mai bune și, ceea ce este în aceeași măsură de important, a știut să mobilizeze și să ajute pe tehnicienii și inginerii mai tineri sau începători, împrumutîndu-le din experiența și specializarea sa, asigurînd în acest fel formarea unui colectiv de ingineri și tehnicieni competenți și cu îndrăzneală tehnică.

În acest fel inginerul Alexandru Nourescu a avut o contribuție deosebită la depășirea momentului critic de trecere de la elaborarea proiectelor marilor construcții hidrotehnice, activitate mai apropiată de aspectul teoretic și care în mare parte se învață încă din școală, la activitatea practică de organizare a execuției și de realizare a construcțiilor, care se învață și se desăvîrșește numai prin îmbinarea muncii la planșetă cu cea de pe șantierele de construcții.

Datorită modului în care și-a adus la îndeplinire sarcinile, competenței în problemele de proiectare, spiritului de organizare, și de inițiativă, tenacității și responsabilității dovedite, a promovat, treptat, de la funcția de inginer proiectant șef la funcțiile de șef de proiect, șef de serviciu proiectare, adjunct șef de sector, inginer șef de sector, pentru ca în anul 1964 să fie numit director tehnic, iar de la 1 februarie 1971 să îndeplinească funcția de director al Institutului de studii și proiectări hidroenergetice.

În munca sa neobosită, Alexandru Nourescu, indiferent de numărul sarcinilor ce le primea, de funcțiile în care a promovat și care implicau reprezentarea ISPH la diversele niveluri superioare, a știut să rămînă în continuare proiectantul de la planșetă, participînd nemijlocit la întocmirea studiilor de valorificare a potențialului hidroenergetic al României, la elaborarea proiectelor și planurilor de execuție a principalelor obiective hidroenergetice ale țării, printre care : barajele Negovanu, Vidraru, Argeș, Cinciș-Teliuc, Vidra-Lotru, centralele hidroelectrice ,,Gh. Gheorghiu-,Dej'' — Argeș, Lotru-Ciunget, cascadele de hidrocentrale de pe rîurile Bistrița, Argeș și Olt, Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier I. De fapt se poate afirma că nu există amenajare hidroenergetică în țara noastră la care inginerul Alexandru Nourescu să nu-și fi lăsat amprenta de proiectant și specialist competent.

În întreaga sa activitate de inginer constructor și proiectant, în munca de zi cu zi, Alexandru Nourescu a fost în permanență preocupat de îmbogățirea experienței de constructor hidroenergetic, de desăvîrșirea nivelului său tehnic profesional, ajungînd astfel un inginer cu o înaltă calificare și de maximă competență tehnică. Cu asemenea calități, dovedind o uriașă putere de muncă și răbdare de oțel, avînd un spirit de ordine înnăscut, care se oglindea în chiar scrisul său ordonat, frumos caligrafiat, seriozitate și intransigență față de sine însuși, dar cu multă înțelegere, colegialitate și omenie față de colaboratori sau subalterni, cu talentul său de bun organizator, Alexandru Nourescu a condus și dezvoltat permanent Institutul de studii și proiectări hidroenergetice, aducîndu-l la complexa formă organizatorică actuală, cu care trebuie rezolvată integral amenajarea potențialului hidroenergetic al țării într-o perioadă extrem de scurtă. Dar meritul directorului Alexandru Nourescu nu constă numai în fidelitatea cu care a slujit cauza hidroenergeticii, dar în special de a fi creat, prin ISPH, un colectiv unit, o mare familie de ingineri și tehnicieni, proiectanți și constructori de baraje și centrale hidroelectrice.

Preocuparea față de formarea viitoarelor cadre de specialiști a depășit sfera strictă a activității productive, răsfrîngîndu-se și în învățămîntul superior, colaborînd o perioadă îndelungată cu catedrele de specialitate din Institutul politehnic și Institutul agronomic „N. Bălcescu" din București.

A fost promotorul valorificării peste hotare a capacității tehnice a ISPH, inițiind contactele necesare care au permis afirmarea institutului în numeroase țări, ca : Iran, Algeria, Liban, Turcia, R.F.G., Franța, Peru, Columbia, Bolivia.

Personalitate multilaterală a ingineriei hidrotehnice, Alexandru Nourescu a cumulat funcții de răspundere atît în cadrul Ministerului Energiei Electrice, cît și în alte organizații și instituții. Astfel, a fost vicepreședinte al Comitetului național român al marilor baraje, membru al Consiliilor de conducere a Ministerului Energiei Electrice și Consiliului Național al Apelor, membru al Consiliului directorilor din institutele de proiectare de pe lîngă Institutul central de cercetare, proiectare și directivare în construcții, membru în Consiliul tehnico-economic al M.E.E., membru al Senatului Institutului de construcții București, al Comisiei mixte româno-bulgare pentru amenajarea complexului hidrotehnic Turnu Măgurele — Nicopol, al Colectivului de coordonare a Sistemului hidroenergetic și de transport Dunăre — MareaNeagră, membru supleant al Comisiei mixte româno-iugoslave pentru realizarea SHEN Porțile de Fier.

Pentru rezultatele deosebite obținute în activitatea sa profesională în domeniul amenajărilor hidroenergetice i s-a decernat titlul de laureat al Premiului de Stat clasa I, a fost distins cu Ordinul Muncii cl. I, Ordinul Steaua R.S.R., cl. II și IV, Ordinul Steagul Iugoslav cu steaua de aur, precum și cu alte medalii ale Republicii Socialiste România.

Boala nemiloasă și fatală l-a împiedicat să-și continue activitatea, pe care și acum, la sfîrșitul vieții, o desfășura cu același elan și entuziasm tineresc care l-au caracterizat totdeauna.

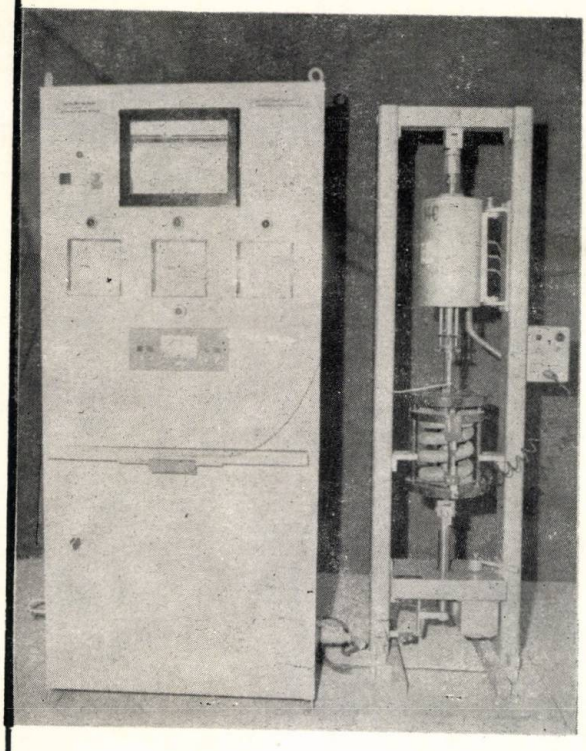
Pentru Consiliul științific al Institutului central de cercetări energetice, ca și pentru toți energeticienii români, vor rămîne vii și strălucitoare imaginea și exemplul celui care a fost eminentul specialist și conducător, omul cu alese sentimente și de înaltă omenie, inginerul ALEXANDRU NOURESCU.

„Revista ENERGETICA"—organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România. Redacţia: Bucureşti, Bd. Energeticienilor 8, Sector 4. Telefon: 20 67 30. Instituţiile pot achita abonamente pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul de virament nr. 30. 11. 8. 01. 01 BN R.S.R.—Sectorul 4. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Preţul unui exemplar: 5 lei Taxele poştale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/125/1975

I. P. I. c 1232

41 401

INSTALATIE PENTRU DETERMINAREA COMPORTARII LA FLUAJ A OTELURILOR



PERFORMANTE:

- Sarcină maximă de încercare: 5000 da N
- Temperatură maximă de încercare 1000°C
- Alimentare 380V/50Hz/2000VA
- Precizia de măsurare și reglare a temperaturii ±0,6%
- Componentele principale ale aparaturii de măsurare, reglare și control sînt fabricate în țară la F.E.A. și I.E.MI București
- Gabaritul instalației (cu tablou de comandă): 2000×1000×500 mm.

Instalația conține o serie de soluții originale, brevetate.

Prototipul instalației pentru determinarea comportării la fluaj a oțelurilor

CARACTERISTICI:

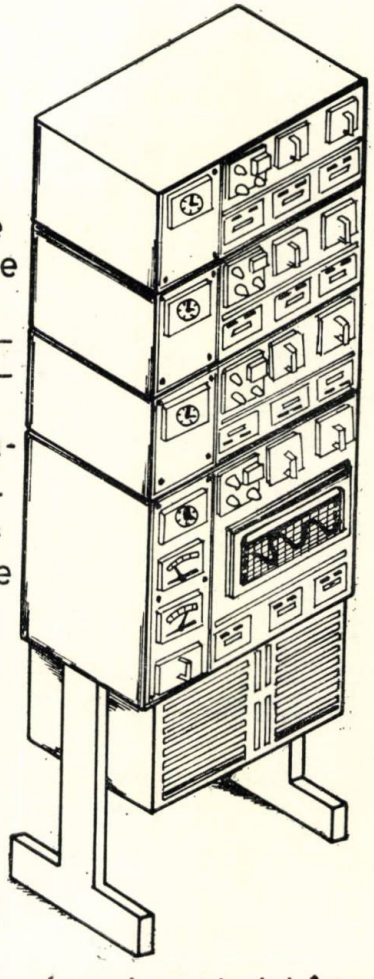
- Realizarea în sistem modular, cu posibilitatea încercărilor independente a unei epruvete sau două, pe fiecare post.
- Măsurarea și înregistrarea deformațiilor pentru fiecare post de încercare, cu urmărire și comandă centralizată pe patru posturi.
- Sistem de încărcare-descărcare cu funcționare incrementală în vederea menținerii forțelor și/sau deformațiilor constante pe tot timpul încercării.
- Sistem de încălzire a epruvetelor cu comandă integrală în buclă închisă, în trei zone ale cuptorului, cu funcționare în regim boot-strap; funcționează în două etape: preîncălzire, fără circuit de reglare și etapă de reglare în regim.

PROIECTANT:

- UNIVERSITATEA DIN BRASOV
  Catedra Mecanisme si organe de mașini
- ICEMENERG București

REALIZATOR SERIE:

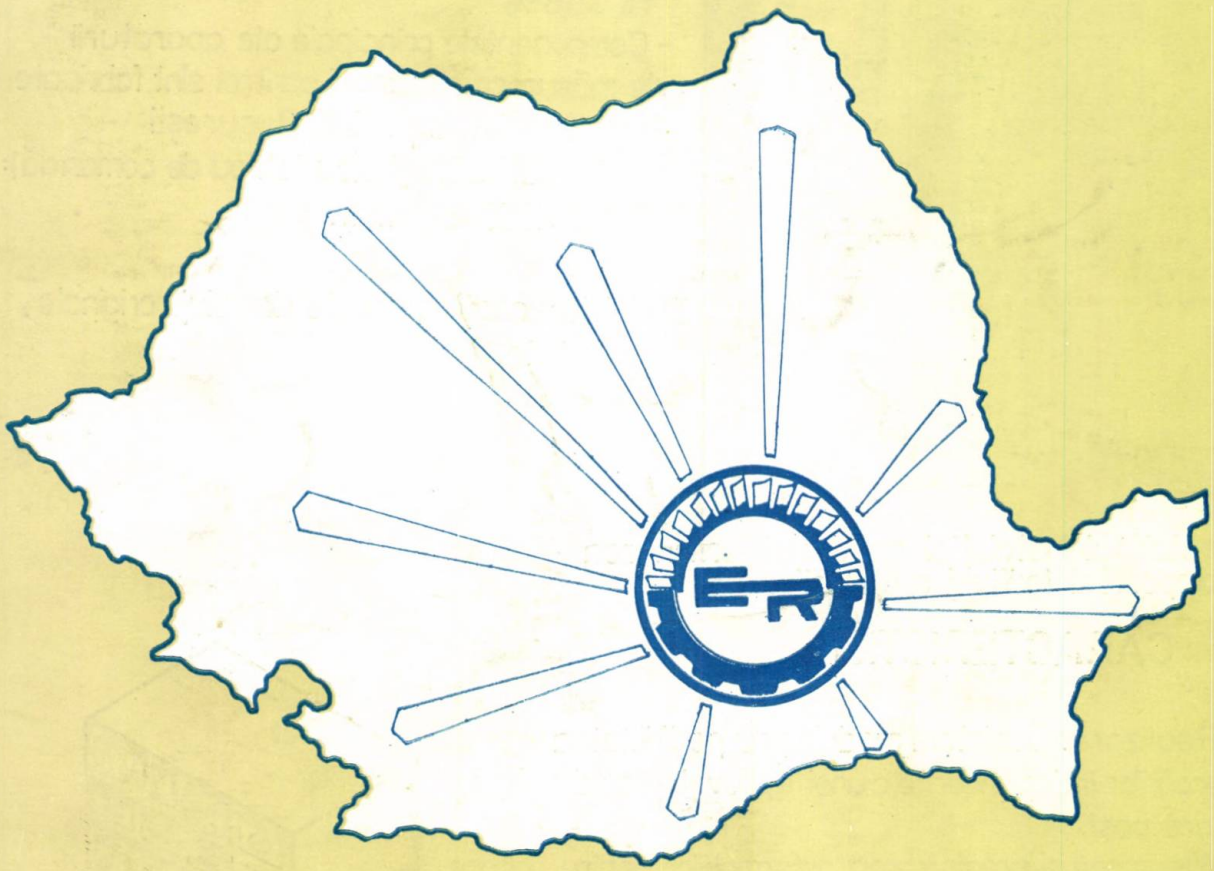
IAUC București



Pupitru de comandă pentru patru posturi de încercare

ENERGOREPARAŢII

Bucureşti, Bd. Mărăşeşti nr. 2, sector 5
Telefon : 23.26.40



Execută pentru sectorul energetic :

Dispozitive, mecanisme, utilaje şi agregate, destinate mecanizării muncii din activitatea de construcţii-montaj de producere şi distribuţie a energiei electrice, de reparare a agregatelor energetice etc.

Utilaje, părţi de utilaje sau subansambluri necesare lucrărilor de investiţii din sectorul energetic (pompe de combustibil, pompe de injectat ciment, acţionări pneumatice cu ventile, batardouri, grătare pentru stavile etc.).

Reparaţii la : turbine cu abur, turbine hidraulice, generatoare electrice, compresoare, motoare electrice, motoare diesel stabile.

Piese de schimb pentru : turbine cu abur şi hidraulice, cazane de abur, instalaţii pentru pregătirea şi transportul combustibilului, motoare cu ardere internă şi compresoare, instalaţii şi utilaje auxiliare din centrale (pompe, ventilatoare, vane etc.).

Asistenţă tehnică în probleme de : vibraţii la agregate şi palete, echilibrări grupuri, analize defectoscopice, metalografice etc.

Recepţia la furnizori a echipamentelor energetice (turbine pentru centrale termo- şi hidroelectrice, generatoare, cazane, pompe etc.).

L 2039

MW

REFERALVA R

5

VOLUMUL XXVII
BUCUREȘTI
MAI 1979

energetica

0 6 12 18 22

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 5 mai

1979 SEP 6

Cuprinsul

		Pag.
C. Mihăileanu	**Suportul energetic al viitorului**	181—188
I. A. Müller	**Măcinarea în două trepte — metodă modernă de economisire a combustibilului solid și de mărire a capacității instalațiilor de preparare a prafului de cărbune**	188—191
I. Groza, S. Zamfir și A. Cocoș	**Considerații privind fiabilitatea tubulaturii de alamă folosită în instalațiile energetice**	192—197
V. Bednar, A. Butnar și H. Bednar	**Metodă spectrofotometrică de determinare a concentrației în aditiv la uleiuri minerale aditivate**	197—198
C. Tănțăreanu, D. Crețu și I. Hațegan	**Fiabilitatea înfășurării statorice a marilor generatoare în regim normal și de defect**	198—207
P. Buhuș și M. Sufrim	**Normalizarea treptei de 1140 V pentru rețelele cu neutrul izolat din schelele petrolifere și exploatările miniere**	208—211
B. Georgescu și P. Rașcu	**Optimizarea construcției în clădire a stațiilor electrice de conexiuni de 110 kV în R.S.R.**	211—218
Z. Lokodi și I. Kerekes	**Considerații privind erorile de conexiune ale circuitelor secundare de curent**	219—226
* * *	**Lucrările celei de-a 27-a Sesiuni a CIGRE**	226—234
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea Consiliului științific al Institutului central de cercetări energetice

Suportul energetic al viitorului *)

Conf. dr. ing. C. Mihăileanu **)

1. Considerații generale

În strădaniile sale de a-și crea un viitor luminos și lipsit de surprize neplăcute, omul modern își prefigurează prin prognoze strategiile de adoptat în perspectivă, în fața constrîngerilor la care va fi supus.

În toate țările care au ajuns la constatarea, accelerată și impulsionată de evenimentele din ultimii cinci ani, că problema energiei capătă o importanță tehnico-științifică, economică și în final politică, de mari dimensiuni, s-a cristalizat convingerea cu privire la necesitatea elaborării unei politici energetice naționale.

Odată însă cu accentuarea interdependenței între națiunile lumii, devine tot mai clar că politicile energetice naționale trebuie să se bazeze pe existența și pe cunoașterea unui orizont *la nivel mondial* și *pe termen lung* cu care să fie coerente și compatibile programele naționale.

Caracterul mondial al orizontului energetic a devenit necesar odată cu trecerea de la predominanța cărbunelui la cea a petrolului pe piața energetică internațională, aceasta căpătînd un caracter global, planetar, datorită mobilității excelente, în cantități uriașe și la distanțe mari, de care se bucură țițeiul.

Caracterul de lungă perspectivă al orizontului energetic apare ca necesar datorită inerției intrinseci foarte mari, specifică sectorului energetic, care, prin natura sa, este unul dintre cele mai greu de transformat și adaptat, chiar la evoluții a căror necesitate și oportunitate este pe deplin demonstrată tehnic și economic. Explicarea acestei stări de lucruri rezidă în valoarea enormă a investițiilor cuprinse în infrastructura energetică și a căror înlocuire necesită perioade îndelungate de timp, din motive obiective.

Așadar, cunoașterea perspectivelor energetice mondiale pe termen lung (anii 2000—2020 sînt în ultima vreme repere uzuale de studiu) se impune ca necesară la stabilirea opțiunilor naționale.

Numeroase studii privind orizontul mondial de lungă perspectivă, elaborate de diferite colective, naționale sau internaționale, de specialiști în domeniul energeticii generale, au fost publicate cu precădere în ultimii doi ani. Dintre acestea au fost selecționate în bibliografie cele mai reprezentative, după opinia autorului prezentei lucrări. Deși lucrările citate diferă în oarecare măsură cu privire la domeniile sau perioadele acoperite, ele degajă concluzii și detectează unele tendințe generale ale orizontului energetic.

De fapt, acest lucru este perfect explicabil dacă ne gîndim că aceste studii sînt în largă măsură interdependente, folosind explicit, sau implicit, aceleași date oficiale, sau estimări făcute de surse de informare competente, acolo unde primele nu există. Divergențele între scenariile reținute în lucrările citate în bibliografie sînt de regulă provenite din tendințe apologetice îndreptate într-o direcție sau alta, în funcție de proveniența grupului de autori sau de interesele instituțiilor pe care le reprezintă. Asemenea divergențe au trebuit constatate și înlăturate cu grijă maximă, pentru a obține ceea ce urmărim: o imagine cît mai veridică a ceea ce ne rezervă viitorul. În lucrarea de față au fost folosite cu precădere elementele lucrării [10], care are meritele unei viziuni clare, progresiste, dar totodată realiste.

Astfel, în spatele analizei la nivel planetar, apare nevoia unei regionalizări. Aceasta a fost făcută pe trei subansamble și șapte zone, operația avînd desigur o doză de arbitrar, ce poate oricînd fi contestată, dar fiind practic pretabilă, în bune condiții, analizei urmărite.

Cele trei subansamble folosite sînt denumite:

- Țările occidentale, cu trei zone:
  - America de Nord (S.U.A. și Canada);
  - Europa occidentală;
  - Alte țări „occidentale" (Japonia, Australia, Noua Zeelandă, Israel, Turcia și Africa de Sud).
- Țările socialiste, cu două zone:
  - U.R.S.S.;
  - Țările socialiste din Europa.
- Lumea a treia, cu două zone:
  - R. P. Chineză;
  - Restul lumii a treia.

Din punctul de vedere al surselor de energie primară, s-a procedat la o clasificare în combustibili fosili (*cărbune*, *petrol*, *gaze*), electroenergie primară (*hidraulică*, *nucleară*) și *noi surse* de energie (solară, geotermică și altele).

2. Evoluția consumului global de energie primară

Pentru a prospecta viitoarele trei decenii, pornim de la prezent (anul 1974, la care există date certe pentru întreg globul) și înscriem consumul total de energie primară, de peste 8300 Mt c.c., defalcat pe cele trei subansamble și șapte zone geografice, pe de o parte, și pe cele șase categorii de surse, pe de altă parte. Consumul este exprimat atît în valori absolute (în Mt c.c.) (tabelul 3), cît și procentual, atît față de zonele geografice, cît și față de categoriile de surse (tabelul 4).

*) Comunicare prezentată la ședința de lucru a Colectivului de prognoză al Academiei R.S.R. cu tema: „Energia în următoarele trei decenii" (17 febr. 1978).

**) Conf. dr. ing. Călin Mihăileanu este cercetător științific principal la ICEMENERG și director general al Institutului central de cercetări energetice.

Tabelul 1

1950 — Consumuri mondiale de energie (M t c.c.)

Zona	Cărbune	Petrol	Gaze	Hidro	Nuclear	Noi surse	Total
America de Nord	486,6	457,3	224,4	50,3	—	—	1218,6
Europa de Vest	490,6	68,7	1,3	36,2	—	—	596,8
Japonia, Africa de Sud, Oceania și altele	87,2	13,5	0,1	13,9	—	—	114,7
Total țări occidentale	1064,4	539,5	225,8	100,4	—	—	1930,1
U.R.S.S.	227,8	49,9	7,6	4,1	—	—	289,4
Alte țări socialiste din Europa	148,1	6,1	5,2	0,8	—	—	160,2
Total țări socialiste (U.R.S.S. și Europa)	375,9	56,0	12,8	4,9	—	—	449,6
R.P. Chineză	42,9	—	—	0,3	—	—	43,2
Rest lumea a treia	51,0	76,3	5,9	6,6	—	—	139,8
Total lumea a treia	93,9	76,3	5,9	6,9	—	—	183,0
Total mondial	1534,2	671,8	244,5	112,2	—	—	2562,7

Tabelul 2

1950 — Consumuri mondiale de energie (valori procentuale)

Zona	Cărbune		Petrol		Gaze		Hidro		Nuclear	Noi surse	Total	
America de Nord	31,7	*40,0*	68,1	*37,5*	91,9	*18,4*	44,8	*4,1*	—	—	47,6	*100*
Europa de Vest	32,0	*82,2*	10,2	*11,5*	0,5	*0,2*	32,3	*6,1*	—	—	23,3	*100*
Japonia, Africa de Sud, Oceania și altele	5,7	*76,0*	2,0	*11,8*	—	*0,1*	12,4	*12,1*	—	—	4,5	*100*
Total țări occidentale	69,4	*55,1*	80,3	*28,0*	92,4	*11,7*	89,5	*5,2*	—	—	75,4	*100*
U.R.S.S.	14,8	*78,8*	7,4	*17,2*	3,1	*2,6*	3,6	*1,4*	—	—	11,3	*100*
Alte țări socialiste din Europa	9,7	*92,5*	0,9	*3,8*	2,1	*3,2*	0,7	*0,5*	—	—	6,2	*100*
Total țări socialiste (U.R.S.S. și Europa)	24,5	*83,6*	8,3	*12,5*	5,2	*2,8*	4,3	*1,1*	—	—	17,5	*100*
R. P. Chineză	2,8	*99,3*	—	—	—	—	0,3	*0,7*	—	—	1,7	*100*
Rest lumea a treia	3,3	*36,5*	11,4	*54,6*	2,4	*4,2*	5,9	*4,7*	—	—	5,4	*100*
Total lumea a treia	6,1	*51,3*	11,4	*41,7*	2,4	*3,2*	6,2	*3,8*	—	—	7,1	*100*
Total mondial	100	*59,9*	100	*26,2*	100	*9,5*	100	*4,4*	—	—	100	*100*

Tabelul 3

1974 — Consumuri mondiale de energie (Mt c.c.)

Zona	Cărbune	Petrol	Gaze	Hidro	Nuclear	Noi surse	Total
America de Nord	520,6	1181,6	872,8	172,2	42,2	—	2789,4
Europa de Vest	375,3	876,2	232,9	128,4	27,3	—	1640,1
Japonia, Africa de Sud, Oceania și altele	195,1	394,1	17,3	38,6	3,3	—	648,4
Total țări occidentale	1091,0	2451,9	1123,0	339,2	72,8	—	5077,9
U.R.S.S.	474,1	489,5	344,2	44,0	2,7	—	1354,5
Alte țări socialiste din Europa	346,4	99,3	77,5	6,6	1,2	—	531,0
Total țări socialiste (U.R.S.S. și Europa)	820,5	588,8	421,7	50,6	3,9	—	1885,5
R. P. Chineză	444,1	73,3	4,0	11,7	—	—	533,1
Rest lumea a treia	175,1	452,8	119,5	76,2	1,2	—	824,8
Total lumea a treia	619,2	526,1	123,5	87,9	1,2	—	1357,9
Total mondial	2530,7	3566,8	1668,2	477,7	77,9	—	8321,3

Tabelul 4

1974 — Consumuri mondiale de energie (valori procentuale)

Zona	Cărbune		Petrol		Gaze		Hidro		Nuclear		Noi surse	Total	
America de Nord	20,6	*18,7*	31,3	*42,3*	52,4	*31,3*	36,0	*6,2*	54,2	*1,5*	—	33,5	*100*
Europa de Vest	14,8	*22,9*	24,6	*53,4*	14,0	*14,2*	26,9	*7,8*	35,0	*1,5*	—	19,7	*100*
Japonia, Africa de Sud, Oceania şi altele	7,7	*30,0*	11,0	*60,8*	1,0	*2,7*	8,1	*6,0*	4,3	*0,5*	—	7,8	*100*
Total ţări occidentale	43,1	*21,5*	68,7	*48,3*	67,4	*22,1*	*71,0*	*6,7*	93,5	*1,4*	—	61,0	*100*
U.R.S.S.	18,7	*35,0*	13,7	*36,1*	20,6	*25,4*	9,2	*3,3*	3,5	*0,2*	—	16,3	*100*
Alte ţări socialiste din Europa	13,7	*65,3*	2,8	*18,7*	4,6	*14,6*	1,4	*1,2*	1,5	*0,2*	—	6,4	*100*
Total ţări socialiste (U.R.S.S. şi Europa)	32,4	*43,5*	16,5	*31,2*	25,2	*22,4*	10,6	*2,7*	5,0	*0,2*	—	22,7	*100*
R. P. Chineză	17,6	*83,2*	2,1	*13,8*	0,2	*0,8*	2,4	*2,2*	—	—	—	6,4	*100*
Rest lumea a treia	6,9	*21,2*	12,7	*54,9*	7,2	*14,5*	16,0	*9,2*	1,5	*0,2*	—	9,9	*100*
Total lumea a treia	24,5	*45,6*	14,8	*38,7*	7,4	*9,1*	18,4	*6,5*	1,5	*0,1*	—	16,3	*100*
Total mondial	100	*30,4*	100	*42,9*	100	*20,1*	100	*5,8*	100	*0,9*	—	100	*100*

Tabelul 5

2000 — Consumuri mondiale de energie (Mt c.c.)

Zona	Cărbune	Petrol	Gaze	Hidro	Nuclear	Noi surse	Total
America de Nord	1235	1625	860	265	1290	75	5350
Europa de Vest	490	1405	435	185	1210	75	3800
Japonia, Africa de Sud, Oceania şi altele	390	900	235	75	430	20	2050
Total ţări occidentale	2115	3930	1530	525	2930	170	11200
U.R.S.S.	1070	1365	1735	210	840	30	5250
Alte ţări socialiste din Europa	650	615	150	25	190	20	1650
Total ţări socialiste (U.R.S.S. şi Europa)	1720	1980	1885	235	1030	50	6900
R. P. Chineză	1090	1055	50	35	130	40	2400
Rest lumea a treia	575	2435	1285	355	860	240	5750
Total lumea a treia	1665	3490	1335	390	990	280	8150
Total mondial	5500	9400	4750	1150	4950	500	26250

Tabelul 6

2000 — Consumuri mondiale de energie (valori procentuale)

Zona	Cărbune		Petrol		Gaze		Hidro		Nuclear		Noi surse		Total	
America de Nord	22,4	*23,1*	17,3	*30,4*	18,1	*16,1*	23,0	*5,0*	26,0	*24,0*	15,0	*1,4*	20,4	*100*
Europa de Vest	8,9	*12,9*	14,9	*37,0*	9,2	*11,4*	16,1	*4,9*	*24,4*	*31,8*	15,0	*2,0*	14,5	*100*
Japonia, Africa de Sud, Oceania şi altele	7,1	*19,0*	9,6	*43,8*	4,9	*11,5*	6,5	*3,7*	8,7	*21,0*	4,0	*1,0*	7,8	*100*
Total ţări occidentale	38,4	*18,9*	41,8	*35,1*	32,2	*13,7*	45,6	*4,7*	59,1	*26,1*	34,0	*1,5*	42,7	*100*
U.R.S.S.	19,4	*20,4*	14,5	*26,0*	36,5	*33,0*	18,3	*4,0*	17,0	*16,0*	6,0	*0,6*	20,0	*100*
Alte ţări socialiste din Europa	11,8	*39,4*	6,5	*37,3*	3,2	*9,1*	2,2	*1,5*	3,8	*11,5*	4,0	*1,2*	6,3	*100*
Total ţări socialiste (U.R.S.S. şi Europa)	31,2	*24,9*	21,0	*28,8*	39,7	*27,3*	20,5	*3,4*	20,8	*14,9*	10,0	*0,7*	26,3	*100*
R. P. Chineză	19,8	*45,3*	11,2	*44,0*	1,0	*2,1*	3,0	*1,5*	2,6	*5,4*	8,0	*1,7*	9,1	*100*
Rest lumea a treia	10,6	*10,0*	26,0	*42,3*	27,1	*22,3*	30,9	*6,2*	17,5	*15,0*	48,0	*4,2*	21,9	*100*
Total lumea a treia	30,4	*20,4*	37,2	*42,8*	28,1	*16,4*	33,9	*4,8*	20,1	*12,2*	56,0	*3,4*	31,0	*100*
Total mondial	100	*20,9*	100	*35,8*	100	*18,1*	100	*4,4*	100	*18,9*	100	*1,9*	100	*100*

Față de prezent, imaginea viitorului (considerat în anul 2000) este proiectată în tabelele 5 și 6, în care se regăsesc consumurile absolute și procentuale din tabelele 3 și 4, așa cum se estimează că vor evolua în anul 2000. Anul 2000 este considerat convențional ca termen al realizării scenariului reprezentat prin cifrele din tabelele 5 și 6. În fapt, la această situație se poate ajunge cu cîțiva ani mai tîrziu, deci după circa trei decenii sau chiar mai mult, dacă măsurile de conservare a energiei, care se preconizează în prezent în multe țări, vor fi mai eficiente. Scenariul de mai sus presupune un consum mondial total anual de energie primară de circa 26 000 Mt c.c., adică o triplare față de anul de referință (1974).

În aceeași perioadă de timp, populația globului va crește de la 3,871 miliarde locuitori cît au fost în 1974, la 6,4 miliarde locuitori, cît se estimează pentru anul 2000. În aceste condiții, pentru perioada respectivă, consumul de energie primară pe locuitor ar trece de la 2,15 t c.c. (în anul 1974) la 4,10 t c.c. (în anul 2000), deci o creștere de numai 1,9 ori.

Un interes deosebit merită comparația cu perioada echivalentă scursă în trecutul apropiat, în care scop au fost întocmite tabelele 1 și 2, în care sînt înscrise consumurile anului 1950, defalcate în mod similar ca în tabelele 3 și 4. În 1950 consumul mondial total al unei populații de 2,483 miliarde locuitori a fost de 2562 Mtc.c., ceea ce conducea la un consum de 1,03 t c.c./loc.

Evoluția prognozată în cele de mai sus a consumului global de energie primară, pentru acest sfîrșit de secol în care întreaga omenire pare a fi decisă să treacă cu pași hotărîți la măsuri de conservare a energiei, apare la prima vedere exagerată. Într-adevăr, o reducere cu doar 0,5 % a ritmului anual de creștere a consumului global de energie primară pare a nu fi în concordanță cu „frîngerea" scontată a curbei de creștere a consumurilor realizată în perioada anilor de energie ieftină, 1950—1974.

Tabelul 7

Subansamble	Ritm anual de creștere a consumului de energie primară	
	1950—1974	1974—2000
	realizat	prognozat
Țări occidentale	4,1 %	3,1 %
Țări socialiste	6,1 %	5,1 %
Lumea a treia	8,7 %	7,1 %
Întreaga lume	5,0 %	4,5 %

O examinare mai profundă, regionalizată pe cele trei subansamble de țări, așa cum o arată tabelul 7, pune în evidență următoarele:

Deși ritmul anual de creștere pe plan mondial scade doar cu 0,5 %, *reducerile pe cele trei subansamble sînt mult mai importante*: 1,0 % pentru țările capitaliste și socialiste și 1,6 % pentru lumea a treia. Explicația rezidă în schimbările importante ce au avut loc și se vor produce în continuare cu privire la cota-parte cu care intervine fiecare din cele trei subansamble în consumul mondial de energie primară (tabelul 8).

Tabelul 8

Subansamble	Cota-parte pe care o reprezintă în consumul mondial de energie primară		
	1950	1974	2000
Țări occidentale	75 %	61 %	43 %
Țări socialiste	18 %	23 %	26 %
Lumea a treia	7 %	16 %	31 %
Întreaga lume	100 %	100 %	100 %

Se constată rolul crescînd al țărilor din lumea a treia, care vor contribui cu 38 % la creșterea consumului mondial de energie primară în perioada 1974—2000, față de doar 20 % între 1950 și 1974, în timp ce țările occidentale vor participa doar cu 34 %, față de 55 % în perioada precedentă.

Consumul țărilor din lumea a treia, care era echivalent cu 8 % din cel al țărilor industrializate în anul 1950, a reprezentat 20 % în 1974 și se scontează că va atinge 45 % în anul 2000. Prin aceasta se ajunge ca, pe plan mondial, o parte a efectelor măsurilor de conservare a energiei să fie compensată de ponderea crescătoare a țărilor din lumea a treia, la care măsurile de economisire, valabile pentru țările industrializate, nu pot fi transpuse decît parțial. De altfel, chiar în aceste ipoteze, decalajele între țări dezvoltate și țări în curs de dezvoltare rămîn nesatisfăcător de mari (se ajunge la un consum de 1,65 t c.c./loc. în anul 2000 pentru lumea a treia, față de 0,50 t c.c./loc. în prezent, în timp ce în țările industrializate se vor consuma 12,5 t c.c./loc., față de 6 t c.c./loc. astăzi). În felul acesta, deși decalajul se reduce în anul 2000 la 1 : 7,5, față de 1 : 12 în 1974 și 1 : 25 în 1950, locuitorii din țările lumii a treia nu vor consuma în medie în anul 2000 nici cît consuma în medie europeanul în perioada antebelică.

3. Evoluția utilizării resurselor de energie primară

În continuare se va prezenta evoluția în trecut și cea prezumată în cele trei decenii următoare a diferitelor categorii de resurse considerate în tabelele 1—6.

3.1. *Cărbunele*

În anul 1950 cărbunii constituiau principala resursă de energie primară folosită, acoperind, cu cele 1500 Mt c.c./an, circa 60 % din necesarul mondial.

În perioada care urmează, cărbunele cunoaște un regres de mare anvergură, nemaiacoperind în 1974 decît 30 % din necesar, cu toate că în valoare absolută consumul de cărbune crește la 2500 Mt c.c.

Pentru viitor se așteaptă o nouă tinerețe a cărbunelui, în anul 2000 scontîndu-se pe un consum mondial de 5500 Mt c.c.

În timp ce în anul 1950 consumul de cărbune era concentrat practic doar în țări industrializate: 70% în țările occidentale și 25% în țările socialiste, în 1974 se ajunge la o repartiție mai echilibrată: 43% în țările occidentale, 32% în țările socialiste și 25% în lumea a treia. Această repartiție nu va suferi schimbări spectaculoase pînă în anul 2000, cu excepția unei ponderi crescute a lumii a treia în raport cu țările occidentale. Cei trei mari deținători a peste trei pătrimi din rezervele cunoscute de cărbune (U.R.S.S., S.U.A. și R.P.Chineză) consumau 49% din consumul mondial de cărbune în 1950, 57% în 1974 și vor consuma 62% în anul 2000. Se poate deci constata pentru viitor o orientare continuă a consumului către resurse, precum și faptul că noua expansiune a cărbunelui se va localiza în principal în țările care posedă rezerve importante.

3.2. *Petrolul*

Cota petrolului în consumul mondial a trecut de la 26% în 1950 la 43 % în 1974, pentru ca în anul 2000, în care declinul se va face simțit din plin, să nu mai ocupe decît 36%.

Dacă în 1950 patru cincimi din consum era localizat în țările occidentale (respectiv două treimi în America de Nord) și lumea a treia (exclusiv R.P. Chineză) ocupa locul al doilea, în 1974 ponderea consumului țărilor occidentale scade sub 70% (respectiv la o treime în America de Nord), în principal în favoarea țărilor socialiste. Pentru anul 2000 procesul de echilibrare va fi accentuat cu 42% pentru țările occidentale (mai puțin de un sfert în America de Nord), 21% în țările socialiste și 37% pentru lumea a treia. Se observă rolul major pe care îl va juca lumea a treia pe piața petrolului la sfîrșitul secolului, cînd concurența va fi devenit cu mult mai aprigă ca în prezent. Din cele 6000 Mt c.c. cît reprezintă sporul consumului mondial anual de petrol pînă la sfîrșitul secolului, țărilor occidentale și celor socialiste le va reveni cîte un sfert și lumii a treia — jumătate.

O prezentare simplificată a evoluției petrolului ar putea fi următoarea: apanaj al lumii occidentale pînă în anul 1950, țările socialiste intră și ele în era de predominanță a petrolului în al treilea pătrar de veac, pentru ca în ultimul sfert de veac, deci tocmai la începutul sfîrșitului, lumea a treia să trebuiască să treacă, la rîndul său, prin dominarea pasageră a combustibilului lichid.

3.3. *Gazele naturale*

Evoluția consumului de gaze este, în mare, similară cu a petrolului (sub 10% din consumul mondial de energie primară în 1950, creștere la 20% în 1974, declin început — 18% în anul 2000 — cu accentuare rapidă în continuare).

Structura regională este mai stridentă chiar decît la petrol. În 1950, exclusivitatea țărilor occidentale, respectiv a Americii de Nord, era practic absolută, acoperind 92% din consumul mondial. În 1974 țările socialiste reechilibrează situația, ajungînd să consume un sfert din consumul mondial, în timp ce țările occidentale se repliază la două treimi. La sfîrșit de veac, cele trei subansamble își împart consumul mult mai uniform: 32% (țările occidentale), 40% (cele socialiste) și 28% (lumea a treia). Succesiunea celor trei subansamble la conducerea creșterii consumului este și mai evidentă ca la petrol.

3.4. *Energia hidroelectrică*

Această sursă de energie, nobilă și inepuizabilă, se menține în limite modeste (4—6% din consumul global) în toată perioada studiată.

Potențialul neamenajat încă fiind situat în mare măsură în U.R.S.S. și țările lumii a treia, este normal ca aceste regiuni, după ce au contribuit cu 30% din creșterea consumului în perioada 1950—1974, să devină factorul principal de creștere între anii 1974 și 2000 (două treimi).

3.5. *Energia nucleară*

După trei decenii de cercetare și inginerie tehnologică, eforturi de dezvoltare și financiare deosebite, depuse atît de guverne cît și de marea industrie, energia nucleară a reușit să acopere abia 1% din consumul mondial de energie primară. În anul 2000 se estimează că va putea prelua o cotă-parte între o șesime și o cincime din total.

Explicația principală este cea despre care s-a vorbit în capitolul 1, marea inerție a energeticii la apariția unor tehnologii noi. Și încă, nu trebuie uitat că într-o centrală nucleară există o parte importantă care este identică sau foarte puțin diferită de cea dintr-o centrală termoelectrică clasică. Exemplul energiei nucleare trebuie să dea de gîndit atunci cînd prognozăm introducerea cu ponderi cît de cît semnificative a unor noi surse de energie. De altfel, merită amintit faptul că au fost necesare șase decenii pentru ca petrolul să treacă de la 1% la 20% din consumul mondial, deși trecerea de la cărbune la petrol reprezenta o simplificare și o ieftinire.

În ce privește evoluția, ea este similară cu cea a majorității formelor de energie: pînă în prezent, dezvoltarea a avut loc cu precădere în țările occidentale, unde se consumă peste 90% din energia nucleară. Pentru anul 2000, imaginea este mai echilibrată: cota-parte a țărilor occidentale scade la 60%, țărilor socialiste și lumii a treia revenindu-le cîte o cotă de

20%. Evoluţia prognozată presupune o dezvoltare impetuoasă: de la circa 100 Mt c.c./an în prezent la 5000 Mt c.c./an în anul 2000. O atare dezvoltare presupune rate de creştere anuale spectaculare, cuprinse între 15% şi 30% (media mondială 18%) şi o învingere rapidă şi generalizată a binecunoscutelor obstacole apărute în ultimul timp şi care au frînat şi amînat dezvoltările prognozate cu 15—20 ani în urmă.

3.6. *Noi surse de energie*

Sursele cuprinse sub această denumire şi care, în bună parte, nu sînt chiar atît de „noi", sînt încă în general în toate ţările în faza premergătoare „ieşirii pe piaţă". Din această cauză, în acest domeniu, previziunile sînt cele mai contradictorii (atunci cînd se hazardează pronosticuri cantitative), mergînd de la prudenţă, împinsă spre pesimism, pînă la entuziasm, ce frizează nerealismul. În orice caz, o prognoză înţeleaptă trebuie să fie mobilizatoare, fără a confunda însă dorinţele cu probabilităţile avînd gradul de confidenţă necesar.

În acest spirit, considerînd că în direcţia introducerii şi extinderii uzilizării unor surse noi se vor face eforturi însemnate — şi se pare că lumea este pe cale de a consimţi la aceasta — se poate sconta pe prezenţa lor în balanţa anului 2000 la o cotă dublă în comparaţie cu cea de astăzi a energiei nucleare. Dacă ne referim însă la valori absolute, contribuţia presupusă a noilor surse în anul 2000 (500 Mt c.c.) este de ordinul de mărime al energiei hidroelectrice produsă în prezent în întreaga lume şi de şase ori mai mare decît întreaga energie nucleară produsă pe glob în anul 1974. Din cele expuse mai sus reiese cu claritate că o astfel de evoluţie a noilor surse corespunde unei străpungeri reuşite, la scară industrială, economic justificată şi tehnic fiabilă, pînă în anul 2000, în vederea unei extinderi explozive la începutul noului mileniu.

În ce priveşte evoluţia acestor noi surse, aici schema clasică trecînd prin cele trei subansamble în ordinea cunoscută, ar putea să fie infirmată, respectiv ca dezvoltarea lor să se facă de la început de către şi pentru ţările lumii a treia. O serie de factori pledează pentru o astfel de ipoteză: necesitatea unor surse alternative care să înlocuiască petrolul, climat favorabil (pentru energia solară, de exemplu), adaptarea la nevoi dispersate şi cu densităţi iniţial mici etc.

4. Criza petrolului

Este un lucru evident că problema centrală a energeticii o constituie în perioada următoare hidrocarburile, şi în sens restrîns petrolul. La efortul general de economisire pe toate căile a energiei primare, se adaugă acela al substituirii pe toate căile şi oriunde este posibil a petrolului cu alte surse: clasice sau noi. După ce am parcurs capitolul 3, constatăm însă că efectele pînă în anul 2000 ale tuturor eforturilor făcute asupra reducerii posibile a consumului de petrol sînt relativ modeste, consumul anual mondial necesar de petrol al anului 2000 fiind, în valoare absolută, de două ori şi ceva mai mare decît în prezent. În aceste condiţii, consumul cumulat de petrol de acum şi pînă la sfîrşit de secol ar atinge 100 miliarde tone (150 000 Mt c.c.), iar pentru gaze naturale 50 000 miliarde Nm^3.

După cum se cunoaşte, industria petrolului trebuie să dispună de rezerve descoperite, dar neexploatate încă, capabile să asigure în orice moment cel puţin consumul viitorilor 10—15 ani, pentru amortizarea instalaţiilor şi asigurarea alimentării pe această perioadă minimă de timp a consumatorilor. Aşadar, în anul 2000 ar trebui să mai existe, în ipotezele arătate, rezerve neexploatate de petrol de 70—100 miliarde tone şi 30 000—50 000 miliarde Nm^3 de gaze naturale.

Rezultă că pînă în anul 2000 ar trebui puse în evidenţă circa 180—210 miliarde tone de petrol şi 80 000—100 000 miliarde Nm^3 de gaze naturale.

Comparînd aceste nevoi cu estimările rezervelor sigure (la începutul anului 1977: 82 miliarde tone de petrol şi 65 000 miliarde Nm^3 de gaze naturale), deficitul este evident.

Ceea ce lipseşte poate fi exprimat plastic prin necesitatea descoperirii cîte unei „Arabii Saudite" la fiece 3-4 ani sau a cîte unei „Mări a Nordului" în fiecare an pentru petrol, iar pentru gaze încă una-două „Uniuni Sovietice" pînă în anul 2000!

Dar înainte de începerea epuizării fizice a hidrocarburilor va avea loc procesul, pe care îl trăim deja, al scumpirii continue a acestora, cu tot cortegiul de implicaţii economice şi politice ineluctabile.

5. Ponderea lumii a treia

După ce, de la 1973 încoace, lumea a treia s-a afirmat ca factor esenţial în producţia de resurse energetice, va veni în viitor vremea în care aceste ţări în curs de dezvoltare îşi vor face simţită din ce în ce mai accentuat ponderea în consumul global de energie primară. La nivelul anului 2000, 1 t c.c./an, în plus sau în minus pentru fiecare din locuitorii lumii a treia, va modifica cu ± 5 miliarde t c.c./an consumul mondial, adică echivalentul actual al întregului consum mondial de hidrocarburi.

Pe de altă parte, lumea a treia va fi în mai mare măsură vital dependentă de hidrocarburi decît ţările industrializate. Într-adevăr, în majoritatea ţărilor lumii a treia, consumul de energie

puțin dens, dispersat sau, uneori, chiar izolat nu justifică crearea pentru o bună bucată de vreme de sisteme electroenergetice interconectate în care să fie implantate mari grupuri generatoare. Dimpotrivă, produsele petroliere se pretează în condiții optime, datorită posibilităților de adaptare, transport și depozitare. Aceasta înseamnă că țările în curs de dezvoltare vor rămîne în ultimă instanță în măsură mai mare tributare unor resurse pe cale de epuizare și în continuă scumpire. Rezultă de aici că necesitatea pentru țările industriale de a se dezangaja cît mai repede și cît mai complet posibil de folosirea hidrocarburilor în scopuri energetice, dublată de intensificarea folosirii cărbunilor, energiei hidroelectrice, energiei nucleare și noilor surse, nu este numai o măsură necesară pentru eliminarea unei dependențe strategice față de alte țări și respectiv echilibrarea balanței de plăți. Ea este necesară și pentru a putea permite țărilor în curs de dezvoltare să parcurgă etapa de tranziție în care vor avea nevoie — în mai mare măsură și pentru o perioadă mai lungă de vreme decît țările industrializate — de hidrocarburi.

Concluzii

Datele prezentate se extind la o perioadă cuprinzînd următoarele trei decenii, deci pînă la intrarea într-un nou secol și un nou mileniu. Dar, oricîtă greutate are acest reper în timp, el nu poate constitui decît un jalon în evoluția mondială viitoare. De aceea merită aruncată o privire și dincolo de acest reper, în care scop am ales, la un secol distanță, anul 2075.

Populația globului, stabilizată, conform variantei minimale a prevederilor ONU, la circa 10 miliarde locuitori, s-ar împărți în 1,7 miliarde pentru țările occidentale și socialiste și 8,3 miliarde pentru lumea a treia. Consumul pe locuitor în țările din prima categorie s-ar stabiliza la 12 t c.c./an, iar în lumea a treia ar ajunge la 8 t c.c./an și locuitor, raportul de 1 :8 existent la fine de secol reducîndu-se la 1 :1,5 în anul 2075. În această ipoteză consumul anual global de energie primară va atinge în anul 2075 circa 85 miliarde t c.c.

Integrarea pe timp de un secol a nevoilor de energie primară ale globului în acest scenariu indică o valoare cumulată de 5000—7000 miliarde t c.c. Această cifră scoate în evidență, odată în plus, insuficiența resurselor de hidrocarburi, care, chiar dacă ar fi exploatate pînă la ultima picătură, indiferent de costuri sau posibilități tehnico-economice, nu se ridică la mai mult de 1500 miliarde t c.c., conform celor mai optimiste estimări. Deci necesitatea reorientării rapide în folosirea hidrocarburilor, prioritate zero a zilelor noastre, reiese și mai clar în relief. Și atunci, ochii noștri se îndreaptă spre cărbune și hidroenergie imediat și spre energiile de mare viitor : fuziune poate, solară și breederi sigur, pentru acoperirea în largă perspectivă a nevoilor energetice ale omenirii.

Cele trei decenii următoare reprezintă deci și etapa pregătitoare a întregului secol următor. Măsuri înțelepte, adoptate în mod alert și conjugat, sînt strict necesare.

Prezentarea făcută în acest articol a avut ca scop să delimiteze doar datele generale ale problemei energiei. Aceasta ridică însă numeroase aspecte particulare științifice, tehnologice, economice, ecologice, politice și altele, atît global cît și pe diverse categorii de surse și consumatori.

Desigur prezentarea făcută poate fi contestată în ceea ce privește scenariul pe care se axează.

Poate fi contestată regionalizarea aleasă (cele „trei lumi") sau, în orice caz, conținutul lor, care va evolua cu certitudine în cele trei decenii următoare.

Poate fi contestată evoluția globală presupusă a produsului mondial brut cu 4 % anual. Este aceasta o creștere admisibilă? Suportabilă?

Dar chiar admițînd această evoluție economică dinamică, nu este posibil ca ea să fie asigurată cu și mai puțină energie? Aici este, după toate probabilitățile, locul unde se poate și trebuie acționat cu fermitate pentru economisirea (sau conservarea energiei, cum se mai spune în ultimul timp). Potențialul de conservare, considerat față de extrapolarea tendințelor înregistrate în deceniile postbelice de pînă acum, se ridică pînă la 50 %. Asemenea rezultate nu se bazează doar pe eliminarea risipei sau a consumurilor neraționale, ci și pe modificarea structurilor ramurilor economice, a tehnologiilor de fabricație, a modului de viață, fără a împieta însă asupra dezvoltării societății și a asigurării unei calități a vieții corespunzînd aspirațiilor oamenilor de pe glob. Constituie însă evident un mod simplist de a considera lucrurile dacă s-ar crede că asemenea măsuri se pot obține fără considerabile eforturi de cercetare și inginerie tehnologică, fără investițiile necesare modernizării, din punct de vedere energetic, a economiei mondiale.

Mai departe, se poate contesta scenariul cărbunelui. Se poate susține că este oportună și posibilă o dezvoltare mai accentuată a acestei resurse. Se pot de asemenea reproșa efectele ecologice ale unei dezvoltări a consumului de cărbune.

Dar despre controversa cu privire la viitorul energeticii nucleare?

În fine, mult discutatul rol al noilor surse și al momentului în care vor sparge frontierele folosirii lor în masă poate fi subiect de contestare a scenariului considerat în articolul de față ca avînd o probabilitate maximă.

Ca un rezumat al concluziilor prezentate se poate spune că scenariul de față este deschis diferitelor modificări și interpretări posibile în timp, constituind un jalon în etapa energetică actuală.

Bibliografie

[1] * * * *First IIASA Conference on Energy Resources.* International Institute for Applied Systems Analysis. — IIASA, Laxemburg, Austria, 1976.

[2] * * * *Le nouvel ordre pétrolier.* Groupe de recherches en économie de l'énergie — GREEN. Les presses de l'université Laval, Québec, Canada, 1976.

[3] * * * *Tendances et perspectives de l'industrie des hydrocarbures.* Institut français du pétrole. Ed. Technique, Paris, 1976.

[4] * * * *Energy Global Prospects 1985—2000.* Workshop on Alternative Energy Strategies — WAES. McGraw Hill, 1977.

[5] * * * *The National Energy Plan,* sau *Planul Carter.* Washington, 1977.

[6] * * * *Nuclear Power Issues and Choices.* Mitré & Ford Foundation, S.U.A., 1977.

[7] * * * *World Energy Prospective.* OECD, 1977.

[8] * * * *World Energy Resources: 1985—2020. Reports on resources, conservation and demand.* IPC Science and Technology Press, 1978.

[9] * * * *World Energy: looking ahead to 2020. Report by the Conservation Commission of the World Energy Conference.* IPC Science and Technology Press, 1978.

[10] Frisch, J. R. *L'équilibre mondial entre besoins et ressources d'énergie, à l'horizon 2000. Evolution et régionalisation du problème.* În: Revue de l'Energie nr. 297, oct. 1977.

Măcinarea în două trepte — metodă modernă de economisire a combustibilului solid (lignit) și de mărire a capacității instalațiilor de preparare a prafului de cărbune

Ing. **I. A. Müller***)

Considerații generale

În centralele termoelectrice de mare putere, echipate cu cazane de abur ce folosesc combustibil de bază lignitul, instalațiile de măcinare a cărbunelui brut sînt de tip moară-ventilator (CET Craiova, CTE Rogojelu etapa I, CET Oradea), instalații ce au avantajul folosirii gazelor de ardere aspirate direct din focar ca agent de uscare, precum și acela decurgînd din faptul că, la gabarite relativ reduse, aceste utilaje au capacitate de măcinare ridicată în comparație cu alte sisteme (mori cu ciocane, cu valțuri, cu bile) [1]. În condițiile existente la noi în țară, datorită scăderii calității lignitului, pentru acoperirea necesarului de energie calorică introdusă în cazan este utilă, pe de o parte, găsirea unor soluții de mărire a capacității instalațiilor de măcinare, iar pe de altă parte îmbunătățirea calității prafului de cărbune (finețe de măcinare ridicată), în vederea reducerii pierderilor prin nearse mecanice incomplete (q_4), deci a diminuării consumului de combustibil solid pe bloc [8].

Cercetările în acest domeniu [2], [3], [4], [5] au rezolvat unilateral aceste probleme. Modificarea conductelor de cărbune praf [2], în vederea îmbunătățirii comportării la uzură și a micșorării rezistențelor hidraulice a traseului, a condus la o creștere evidentă a debitului de praf transportat spre arzătoare (circa 20—25 %), dar la o scădere neeconomică a calității prafului ($R^1_{1000} = 5\,\%$, $R^2_{1000} = 13\,\%$), element ce dăunează arderii, implicit a randamentului cazanului ($C^1_{zg} = 40\,\%$, $C^2_{zg} = 55\,\%$) (fig. 1). Această modificare va deveni utilă numai în momentul diminuării lui q_4 prin aplicarea grătarului post-ardere ((CTE Rogojelu, caz. 1), instalație ce poate recupera întreaga energie calorică a cărbunelui ars incomplet și evacuat la pîlnia rece a cazanului [8].

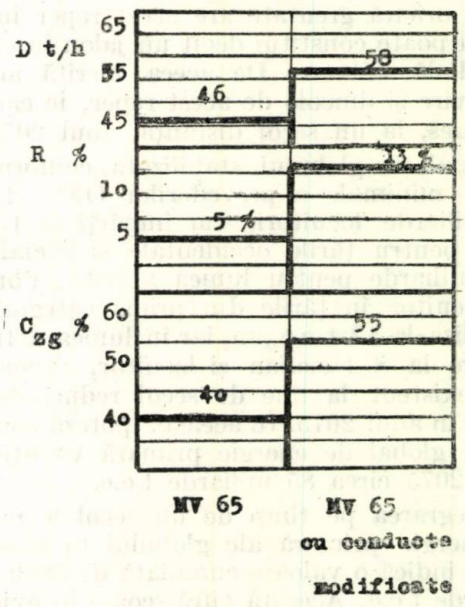


Fig. 1. Rezultate în urma modificărilor conductelor de praf la morile-ventilator MV 65 de la CTE Rovinari.

Înlocuirea separatorului cu clapetă de la morile MV 38 [4] cu unul cu jaluzele nu a dat rezultatele scontate, creșterea fineții prafului de cărbune a fost prea mică, dezavantajul măririi coeficientului de recirculare în moară și, implicit, diminuarea debitului de cărbune

*) Ing. Ion A. Müller este cercetător științific la ICEMENERG.

măcinat (fig. 2) fiind determinante în abandonarea acestei soluții.

O altă idee care a apărut în vederea creșterii capacității sistemelor de măcinare este mărirea turației morilor-ventilator MV-65 [5]. Această

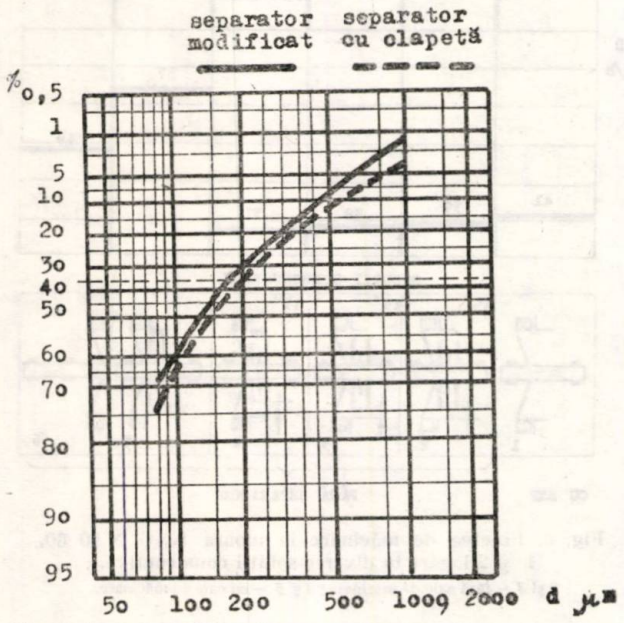


Fig. 2. Curbele RRS pentru separatorul modificat și nemodificat la morile-ventilator MV 38 de la CET Craiova.

problemă este în studiu, nefiind încă puse la punct modificările necesare pentru a putea urmări experimental evoluția morii. Totuși, la sistemele DGS-100 — mori cu ciocane înaintașe — s-a realizat modificarea reductorului în așa fel încît este permisă ridicarea turației cu circa 5% (de la 467 la 491 rot/min), evidențiindu-se o creștere a capacității de măcinare cu circa 6,3%.

Măcinare în două trepte. Rezultate experimentale

În urma studiilor amintite s-a pus problema găsirii unor soluții constructive de utilaje bloc, de integrare a unei trepte de premăcinare înaintea rotorului morii-ventilator sau înaintea introducerii cărbunelui în turnul de uscare.

În studiul [6], procedeul IFE (Institutul de Energetică — R.D.G.), prevede un dispozitiv (moară cu ciocane și impact) (fig. 3), care aduce cărbunele la o granulație de 0—6 mm, după care este deversat în instalația de preparare a prafului. Instalația s-a considerat a fi utilă mai ales la cărbunii cu conținut de xilită ridicat. Experimentările s-au efectuat pe o moară cu un debit de 1,6 t/h, cu diverși ligniți, după care s-a luat hotărîrea să se treacă la o moară NV—63, rezultatele fiind următoarele:

— pentru cărbune cu 20—40% xilită, viteza periferică a ciocanelor trebuie să fie în jur de 87 m/s;

— s-a constatat o dependență foarte pronunțată a fineții prafului la ieșirea din moară față de granulația la intrare. De exemplu, la o creștere a restului pe sita de 6,3 mm de la 3 la 10% a cărbunelui intrat în moară, se obține

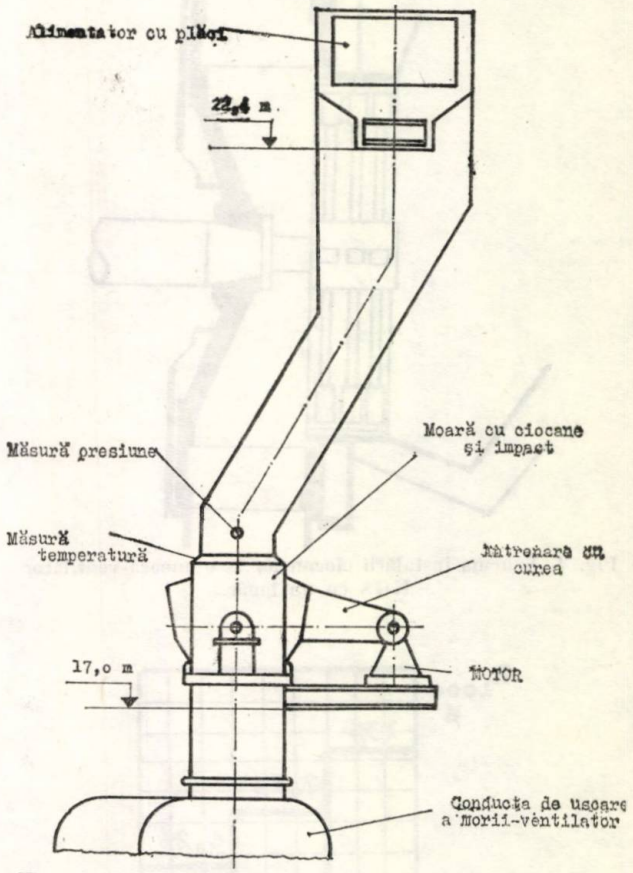


Fig. 3. Construcția instalației de premăcinare cu ciocane și impact înaintea morii-ventilator NV 63.

o creștere a restului pe sita de 1 mm de la 3,7 la 5,6% a prafului;

— introducerea premăcinării, desființarea separatorului și închiderea returului acestuia au condus la o mărire a debitului de gaze vehiculat cu 50%;

— energia specifică pentru măcinare a crescut cu 1,3—2 kWh/t.

O altă soluție [7] propune montarea înaintea rotorului morii-ventilator a 1, 2 sau 3 rînduri de ciocane, de lungime constantă sau variabilă și în care produsul se macină pe o placă de izbire, care se numește „cale de măcinare" (fig. 4). În diagramele din figurile 5 și 6 sînt prezentate rezultatele acestor măsurători și se poate remarca ușor că cea mai mare finețe s-a obținut la folosirea unei căi de măcinare cu distanță mică între ciocane și carcasă. De asemenea se poate reține faptul că apare o scădere a restului pe 1 mm de la 13 la 4,2%, în funcție de numărul de rînduri de ciocane folosite la experimentări. Cel mai perfecționat sistem este prevăzut (fig. 7) cu ciocane acționate

separat, existînd posibilitatea variației turației, adică a vitezei periferice, avînd posibilitatea reglării acesteia în funcție de sortul de cărbune și de condițiile de exploatare.

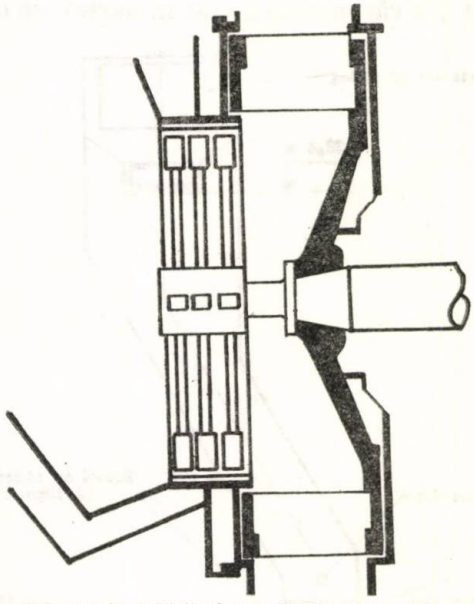


Fig. 4. Schema instalării ciocanelor la o moară-ventilator KGS cu un lagăr.

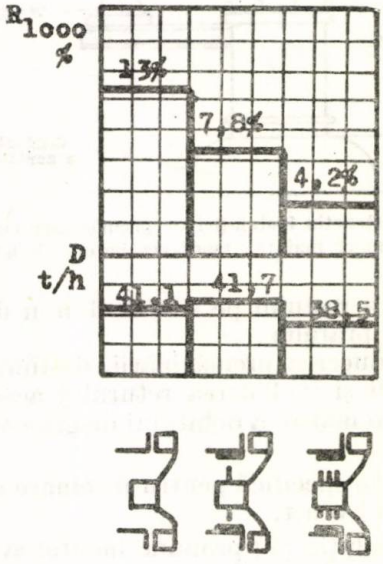


Fig. 5. Resturile pe un mm la măcinarea cărbunelui brun în moara KSG N90·60 pe un lagăr, cu și fără ciocane.

Soluții specifice lignitului din bazinul Olteniei și concluzii

Avînd în vedere neomogenitatea acestui cărbune, cu caracteristici energetice variabile, precum și cu conținut ridicat de xilită, cea mai indicată soluție pentru măcinare este a morilor-ventilator cu ciocane înaintașe de tip KSG sau DGS — 3-4 rînduri de ciocane cu cîte 6 buc. pe rînd, așezate decalat, cale de

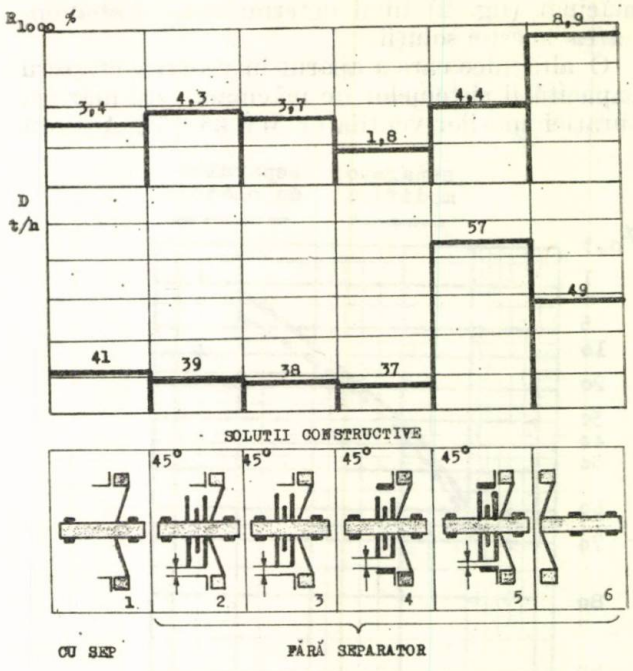


Fig. 6. Finețea de măcinare la moara KSG N.90·60, 1 și 2 lagăre în diverse soluții constructive.
2 și *3* — fără cale de măcinare; *4* și *5* — cu cale de măcinare.

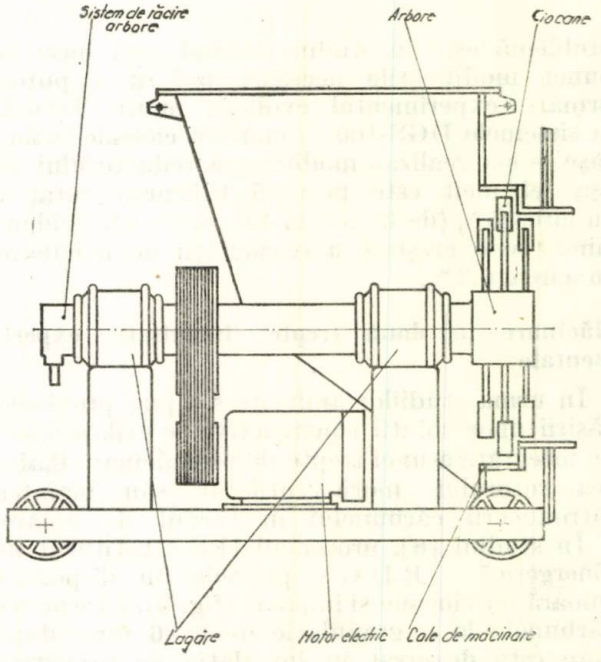


Fig. 7. Ansamblu de premăcinare cu acționare separată.

măcinare cu treaptă de retenție și bare de compensare — soluție aplicată în prezent la cazanele de 1035 t/h, CTE Rovinari.

Pentru ridicarea performanțelor morilor-ventilator MV—65, problemă esențială în vederea menținerii parametrilor nominali ai cazanului chiar în condițiile scăderii calității căr-

bunelui, se propune integrarea unei trepte de premăcinare înaintea rotorului morii, ansamblu format din trei rînduri de ciocane acționate separat de un motor electric, cu posibilitatea de variație a turației funcție de sortul de cărbune necesar a fi măcinat.

În cadrul experimental se poate schimba sensul de rotație al ciocanelor, putîndu-se

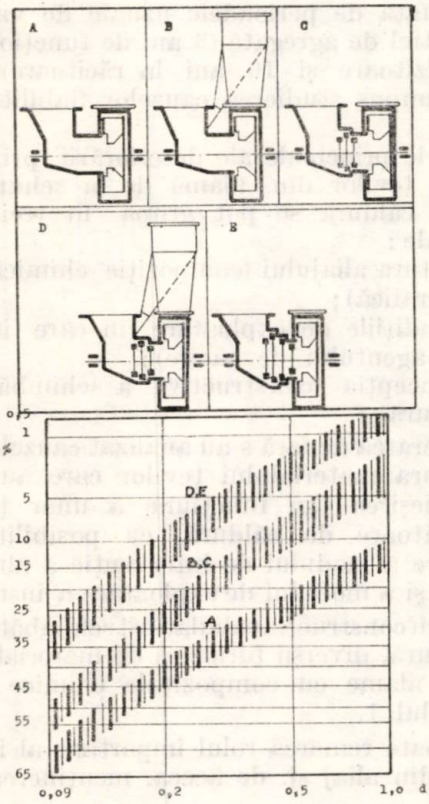


Fig. 8. Finețea de măcinare la diverse construcții DGS.

studia influența treptei de premăcinare asupra debitului de gaze transportat de moară, precum și efectul impactului „încrucișat" al particulei de cărbune în cele două subansambluri de măcinare, rotor ventilator — ciocane înaintașe.

Această integrare nu presupune modificări importante ale morii actuale, căruciorul fiind înlocuit cu unul prevăzut cu toate dispozitivele necesare acționării ciocanelor (fig. 7).

Măcinarea în două trepte, aplicată sub această formă, înglobează toate aspectele tratate separat în cercetările amintite, ea constituind o metodă de ridicare a calității prafului de cărbune, implicit a îmbunătățirii arderii, concomitent cu mărirea capacității de măcinare a sistemelor de mori-ventilator, efect important ținînd seama de reducerea calității cărbunelui din bazinul Olteniei.

Prin aplicarea soluției amintite (fig. 7) la modificarea curbei granulometrice, în sensul îmbunătățirii fineții de măcinare (de la poz. *B* la poz. *D*), (fig. 8), valoarea pierderilor prin nearse mecanice de la CTE Rovinari etapa I se reduce cu circa 5,2 procente, ceea ce reprezintă o economie anuală de 19 000 tc.c. la o durată de utilizare de 5000 h/an [8].

La această etapă, în prezent este în curs de experimentare soluția cu grătar de postardere [9], prin care se speră o recuperare a masei combustibile din materialul căzut la pîlnia rece a focarului. După obținerea rezultatelor definitive la această lucrare, se va putea lua o hotărîre asupra oportunității aplicării soluției de măcinare în două trepte.

Bibliografie

[1] Schröder, K. *Centrale termoelectrice de mare putere.* Editura tehnică, București, 1971.

[2] Chercea, Gh. *Modificarea conductelor de amestec praf-gaze la morile-ventilator MV—65, CTE Rovinari.* Studiu ICEMENERG, 1976.

[3] Chercea, Gh. și Totolo, C. *Cercetări asupra posibilităților de mărire a randamentului hidraulic al morilor-ventilator.* Studiu ICEMENERG, 1976.

[4] Ionescu, I. *Analiza morilor-ventilator MV 38 și a cărbunilor pulverizați la cazanul de 330 t/h la CET Craiova.* Studiu ICEMENERG, 1971—1972.

[5] Lauric, M. *Studiu preliminar asupra posibilității de mărire a turației la morile MV—65 din CTE Rovinari.* Studiu ICEMENERG, 1977.

[6] Gast, H. *Erste Betriebsergebnisse zweistüfiger Kohlenstaubherstellung an einer Ventilatormühle MV—65.*

[7] Schüller, U. *Einflüse bei der Prallzerkleinerung von Rohbraunkohle und ihre wirtschaftliche Bedeutung.*

[8] Pomeranțe, V. V. *Bazele teoriei practice a arderii.*

[9] Chercea, Gh. și Totolo, C. *Cercetări asupra aplicării grătarelor postardere.* Studiu ICEMENERG, 1975.

[10] Bellmann, R. *Mori-ventilator cu ciocane înaintașe.*

(Articol intrat în redacție la 19 decembrie 1978)

Considerații privind fiabilitatea tubulaturii de alamă folosită în instalațiile energetice

Dr. ing. **Ioana Groza**,
Dr. ing. **Simona Zamfir**,
Chim. **Alice-Anca Cocoș***)

Utilizarea rațională a materialelor metalice în condiții adecvate, funcție de natura, starea și structura lor, conduce la creșterea fiabilității acestora și la funcționarea utilajelor la parametrii optimi. Invers, nerespectarea cerințelor de material sau a condițiilor corespunzătoare de exploatare determină ieșirea din funcțiune a utilajelor, cu repercusiuni economice apreciabile.

Necesitatea studierii acestor aspecte s-a impus ca urmare a existenței în țara noastră a numeroase instalații energetice care folosesc tubulatură din alamă pentru diverse schimbătoare termice (răcitoare, condensatoare, preîncălzitoare etc.).

Condițiile de lucru ale materialului țevilor respective, în principal gradientul de temperatură la peretele țevii, depind de tipul de schimbător termic.

Față de solicitările numai de natură mecanică ale tubulaturii din răcitoare, în condensatoare și preîncălzitoare intervin și solicitările de natură termică.

Alegerea alamelor folosite în aceste schimbătoare de căldură este dependentă însă și de natura agentului de răcire folosit, care poate conduce la apariția unor fenomene complexe de coroziune sau poate agrava deteriorarea prematură a agregatului, generată de factori de altă natură.

Au fost studiate diverse materiale din constituția unor schimbătoare termice aparținînd mai multor instalații energetice.

Durata de funcționare a acestora, pînă în momentul înlocuirii lor forțate, a fost mult mai redusă față de perioadele uzuale de viață ale unor astfel de agregate (3 ani de funcționare la preîncălzitoare și 10 ani la răcitoare), astfel că s-a impus studierea cauzelor fiabilității lor reduse.

Cauzele principale ale deteriorării prin coroziune a țevilor din alamă de la schimbătoarele de căldură se pot grupa în trei grupe principale :

— natura aliajului (compoziție chimică, stare metalografică) ;

— condițiile de exploatare (în care intră și natura agentului de răcire) ;

— concepția constructivă a schimbătorului de căldură.

În lucrarea de față s-au analizat cauzele legate de natura materialului țevilor care au determinat ieșirea din funcțiune a unor țevi de schimbătoare de căldură, cu posibilități de apreciere a modului de intervenție a altor factori, ca și a modului de exploatare a instalației.

Pentru construcția tubulaturii schimbătoarelor de căldură, diverșii furnizori de materiale recomandă alame cu compozițiile chimice redate în tabelul 1.

Se poate remarca rolul important al impurităților din aliaj și, de aceea, menținerea acestora în limite foarte scăzute. Aliajul trebuie să îndeplinească unele condiții legate de puritatea lui (lipsa impurităților), omogenitate

Tabelul 1

Elementul %	ASTM B III	DIN 1785	B.SS 1464–2871	AFNOR A51–102	STAS 95–75	GOST 1049–47
Cu	70–73	70–72,5	70–73	70–73	63–69	67–70
Sn	0,9–1,2	0,9–1,3	1–1,5	0,9–1,2	0,9–1,3	—
As	0,02–0,1	0,02–0,035	0,02–0,06	0,02–0,06	—	—
Cu	76–79	76–79	76–79	76–79	—	—
Al	1,8–2,5	1,8–2,3	1,8–2,3	1,8–2,5	—	—
As	0,02–0,1	0,02–0,035	0,02–0,06	0,02–0,06		
Impurități						
Pb	0,07	0,07	0,075	0,07	0,05	0,03
Fe	0,06	0,07	0,06	0,06	0,1	0,1
Mn	—	0,1	—	—	—	—
P	—	0,01	—	—	—	—
As+P	—	0,035	—	—	—	0,01P
Altele	—	0,1	—	—	0,2	0,05Sb
Total impurități	0,15	—	0,3	0,3	—	—
Zn	restul pînă la 100 %					

*) Dr. ing. Ioana Groza și dr. ing. Simona Zamfir sînt șefi de lucrări la Institutul politehnic București ; chim. Alice-Anca Cocoș este cercetător științific la ICEMENERG.

microscopică, starea suprafeței. Dimensiunea grăunților (10—50 μm) este încă un parametru după care se poate aprecia natura aliajului și rezistența la unele forme de coroziune.

Tuburile de condensator sînt total recoapte și au starea de livrare 1/2 tare, dictată de solicitările mecanice la care sînt supuse în timpul funcționării. Cu toate acestea, pot să apară tensiuni datorită unor dilatări, vibrații, deformări, capabile să inducă tensiuni responsabile de producerea coroziunii fisurante.

Trebuie de aceea suprimate eforturile susceptibile de a fi transmise prin țevi — funduri culisante, jocuri de dilatație etc.

Deși nu constituie unicul factor de influență asupra comportării țevilor de alamă ale schimbătoarelor termice în exploatare, compoziția chimică a aliajului folosit joacă un rol hotărîtor.

Compoziția chimică a grupurilor de aliaje reprezentative, care au făcut obiectul studiului, este indicată în tabelul 2.

Tabelul 2

Aliajul	Utilizarea	Componente de bază, %				Impurități, %					
		Zn	Cu	Sn	Ni	Pb	Fe	Mn	Sn	As + P	Altele
Alamă, 28% Zn	Răcitor	28	rest	—	—	—	—	—	0,005	—	0,03 Al
Alamă, 32% Zn	Condensator	32,73	67,12	—	—	0,05	0,005	—	0,08	—	0,01 Ni
Alamă, 30% Zn, 1% Sn	Condensator	29,1	70,08	0,79	—	0,05	0,005	0,13	—	—	0,02 Al + + 0,05 Ni
Aliaj Cu—Ni	Condensator	—	93, 70	—	5,54	0,05	0,4	0,2	0,01	—	0,09 Zn

La observare microscopică, toate alamele studiate au prezentat foarte puține incluziuni, astfel că se pot considera din acest punct de vedere ca fiind corespunzătoare (fig. 1).

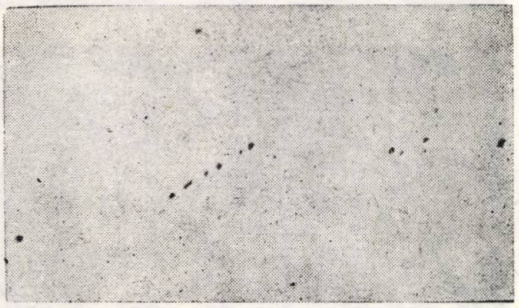


Fig. 1

Structura metalografică a acestor alame este alcătuită din grăunți echiacși de soluție solidă de tipul α, fără fază β (fig. 5).

Formele frecvente de coroziune observate la țevile din alamă ale schimbătoarelor termice — dezincare, coroziune fisurantă, pitting, eroziune — reclamă necesitatea alegerii corecte a compoziției chimice a materialului, în funcție de solicitarea specifică pentru forma respectivă de deteriorare.

Folosirea unor alame cu conținut ridicat de zinc în medii de răcire care conțin oxigen, bioxid de carbon, amoniac a condus la apariția unor fenomene de dezincare generalizată, care ocupă uneori 50—70% din secțiunea țevii (fig. 3 și 4).

Influența conținutului de zinc asupra rezistenței la diversele forme de coroziune a țevilor de alamă este redată schematic în figura 2.

Fisurarea transversală a țevilor, cu caracter intercristalin, a apărut tocmai în zonele dezincate, caracterizate printr-o rezistență slăbită (fig. 3 *b*). Partea dezincată, cu porozitate mare, constituie adesea sediul de inițiere al exfolierii de material (fig. 3 *c*).

Predispoziția la dezincare justifică folosirea alamelor a căror structură este compusă numai din grăunți de soluție α, lipsită de impurități de fază β.

În cazul preîncălzitoarelor, fenomenul de dezincare, accelerat de temperatura ridicată de funcționare, apare pe ambele suprafețe ale

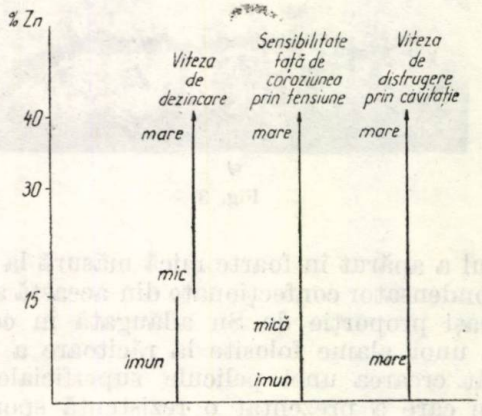
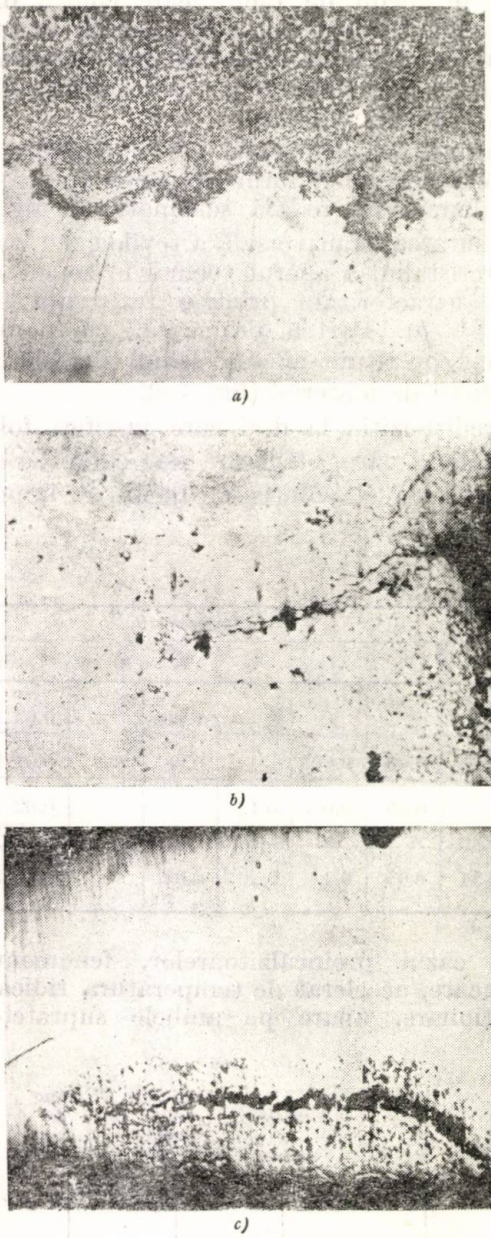


Fig. 2

țevii, rezultată atît sub acțiunea aburului, cît și a apei de răcire (fig. 4). Intensitatea dezincării este variabilă, în funcție de încărcarea agenților termici cu substanțe chimice care favorizează dezincarea.

Introducerea unor proporţii de circa 1% Sn în compoziţia alamelor conferă materialelor o bună rezistenţă la dezincare, astfel că fenomenul a apărut în foarte mică măsură la ţevile de condensator confecţionate din această alamă. Aceeaşi proporţie de Sn adăugată în compoziţia unor alame folosite la răcitoare a determinat crearea unei pelicule superficiale aderente care a prezentat o rezistenţă sporită şi la fenomenul de coroziune localizată în comparaţie cu alamele fără staniu.



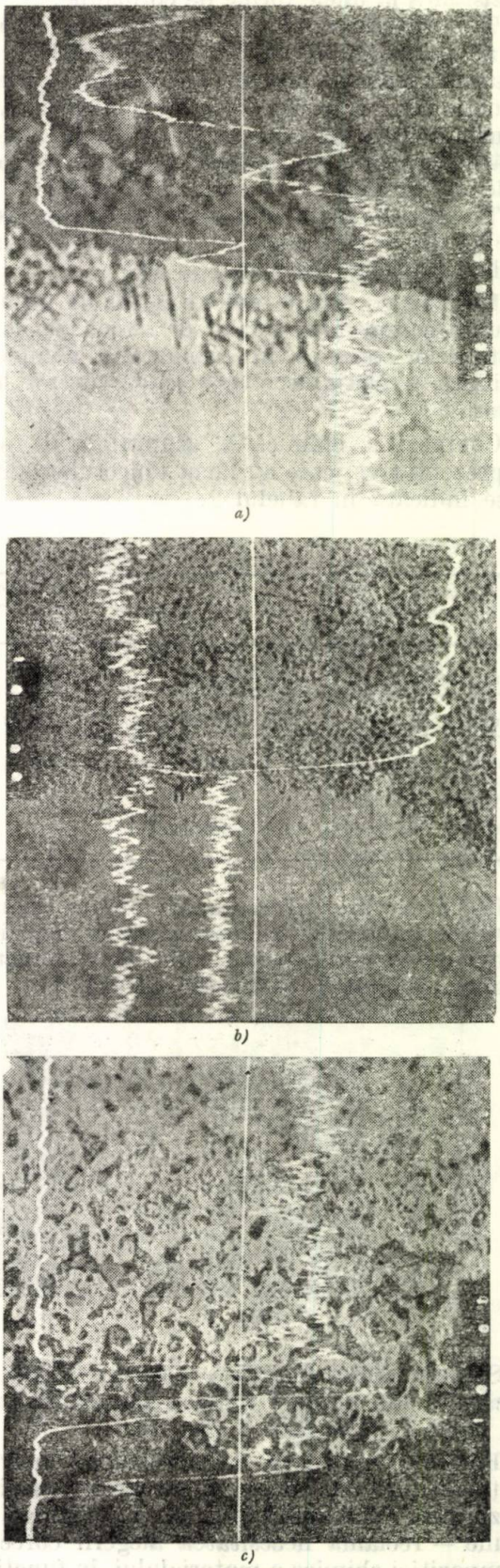
a)

b)

c)

Fig. 3

Coroziunea localizată, care cuprinde fenomenele de corodare produse de aerarea diferenţială a suprafeţei metalice şi fenomenele de eroziune datorate particulelor în suspensie antrenate de mediul de curgere şi vitezei de curgere, este mult influenţată de starea suprafeţei ţevilor. Coroziunea începe de preferinţă la neuniformităţile superficiale — striuri, cane-



a)

b)

c)

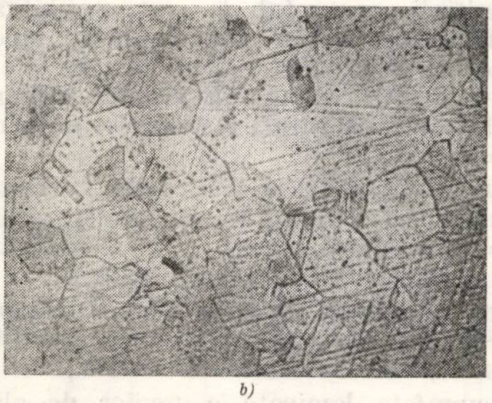
Fig. 4

luri, pori etc. — rămase în urma deformării plastice, care determină un strat superficial discontinuu. Se impune, deci, controlul suprafeţei ţevilor recepţionate înaintea intrării lor în funcţiune, dar şi recondiţionarea la anumite intervale de timp a suprafeţei, prin procedee care comportă îndepărtarea produselor de coroziune şi realizarea uniformităţii suprafeţei schimbătoare de căldură.

Spălarea cu jet de apă sub presiune s-a dovedit a fi un procedeu eficient de curăţire în cazul ţevilor cu forme incipiente de coroziune, fără a produce o reducere sesizabilă a grosimii peretelui metalic.

Coroziunea fisurantă, care determină scoaterea din funcţiune a unui număr însemnat de ţevi, are drept principală cauză prezenţa tensiunilor interne în materialele în stare 1/2 tare (fig. 5 *a*).

a)



b)

Fig. 5

Modul de producere a fisurilor datorate unor tensiuni, în condiţiile existenţei în material a unor şiruri de dislocaţii, este redat în figura 6.

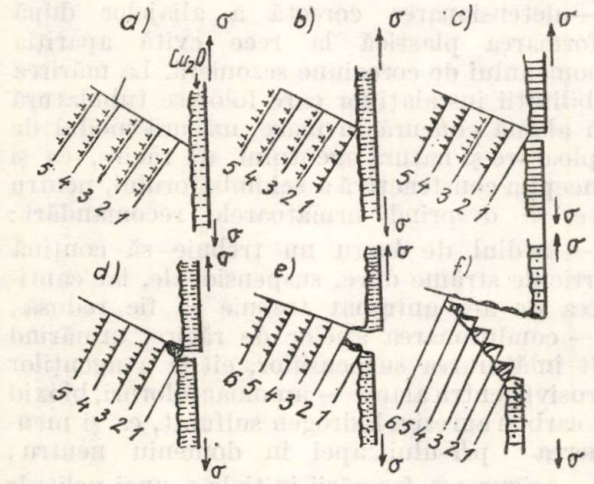


Fig. 6

Dar structura metalografică a materialului, formată din grăunţi echiaxşi (fig. 5 *b*), arată că acesta a suferit o recoacere de recristalizare, la o temperatură suficient de ridicată încît să se fi produs înlăturarea unei proporţii mari a tensiunilor interne. Ca urmare, starea de tensiune din material a fost provocată în principal de sarcinile apărute în timpul funcţionării instalaţiei şi se recomandă revizuirea soluţiei constructive care să evite tensiunile, vibraţiile, jocurile.

Fenomenul de coroziune sezonieră (fisurantă) este accelerat cînd în mediul de lucru există amoniac sau compuşi ai acestuia.

De asemenea, sînt cunoscuţi o serie de agenţi chimici corosivi în compoziţia apei de răcire, care conduc la fenomenul de coroziune susmenţionat (tabelul 3).

Tabelul 3

Agenţi corosivi care conduc la coroziunea sub tensiune a aliajelor de alamă

Agentul corosiv	Felul aliajului
Abur	Bronzul cu aluminiu
	Bronzul cu siliciu
Amoniac	Alame, bronzuri
Amine	Alame, bronzuri
Aer	Bronzuri cu fosfor, cupru
Apă	Bronzuri cu mangan
Azotat de amoniu	Alame
Clorură de bariu	,,
Butan + SO_2	,,
Acid clorhidric	,,
Acid fluorhidric	,,
Azotat de argint	,,
Hidrozixi alcalini	,,

Aliajul Cu—Ni utilizat în construcţia unor condensatoare s-a dovedit insensibil la fenomenul de coroziune fisurantă, deşi în stare de livrare 1/2 tare materialul prezintă o structură fibroasă, de grăunţi alungiţi prin deformare plastică (fig. 7).

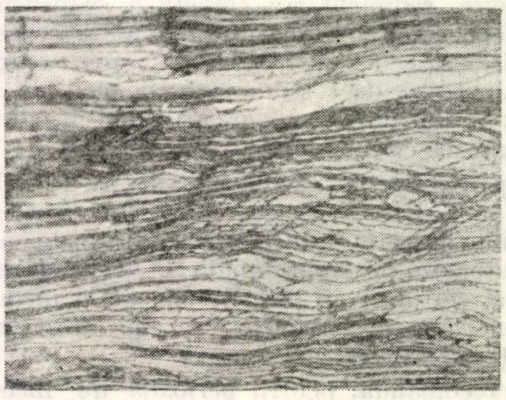


Fig. 7

Aliajele Cu—Ni se pot utiliza în stare ecruisată, exploatînd astfel creşterea de duritate provocată de ecruisare asociată cu o scădere a plasticităţii, inferioară alamelor.

Din analiza formelor de coroziune observate la ţevile de alamă studiate a apărut clar pusă în evidenţă influenţa mediului de lucru asupra stării de coroziune a materialului.

O cantitate mare de nisip transportată de apa de răcire la ţevile schimbătoare de căldură conduce la *fenomene de eroziune* accentuată a suprafeţei metalice, care se manifestă prin neregularităţi, concavităţi, ciupituri superficiale (fig. 8).

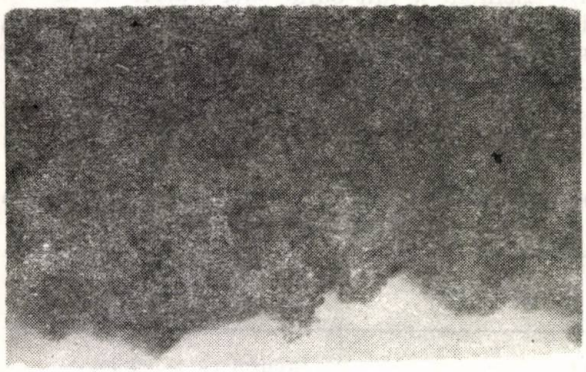


Fig. 8

Particulele străine sau bulele de aer antrenate de apă produc spargerea peliculei protectoare de oxid de la suprafaţa materialului. La viteze mici de curgere, deteriorarea produsă de particulele străine începe datorită aerării diferenţiale, astfel că materialul care nu este în contact cu oxigenul joacă rol de anod, faţă de restul materialului. Odată începută, coroziunea continuă şi după înlăturarea particulelor străine care au provocat-o, deoarece pătrunderea oxigenului este împiedicată în punctele unde s-au format produşi de coroziune.

Evitarea, sau cel puţin diminuarea, fenomenelor de coroziune localizată provocată de mediul de lucru este posibilă prin exploatarea corespunzătoare a instalaţiilor. Filtrarea apei de răcire, sedimentarea corectă a suspensiilor şi îndepărtarea lor din circuit, scăderea vitezei de circulaţie a apei, evitarea unei curgeri turbulente şi deci scăderea cantităţii de aer antrenat sînt cîteva măsuri utile a fi urmate în exploatarea circuitului.

În perioadele iniţiale de funcţionare a ţevilor, dacă se asigură formarea unui film protector continuu pe suprafaţa alamei, durata de viaţă a acestora se poate prelungi. De aceea se recomandă, cel puţin în primele zile de la intrarea în funcţiune a instalaţiei, ca apa care trece prin ţevi să fie cît mai curată.

Se recomandă, pentru perioada de început în funcţionarea ţevilor, pasivizarea suprafeţei acestora cu strat protector străin, de sulfat feros, prin dozarea în circuitul de răcire a unei soluţii de sulfat feros 7%, timp de o oră pe zi, cu funcţionarea în sistem deschis a circuitului pe această perioadă.

Concepţia constructivă a instalaţiilor de schimb termic poate influenţa producerea fenomenului de coroziune-eroziune prin asigurarea unei curgeri a apei cît mai liniare, în cazul în care se evită unghiurile bruşte în circulaţia fluidului sau prin evitarea curgerii turbulente.

În concluzie, alamele sînt aliajele cele mai des folosite la construcţia tubulaturii schimbătoarelor de căldură datorită conductibilităţii lor termice ridicate, rezistenţei bune la coroziune, capacităţii bune de prelucrare şi proprietăţilor mecanice satisfăcătoare. Aliajele studiate din punctul de vedere al fenomenelor de coroziune se pot considera corect alese în privinţa purităţii lor, a tratamentelor termice aplicate în vederea îndepărtării tensiunilor interne, a mărimii grăunţilor şi a omogenităţii structurii metalografice.

Deşi la alegerea materialelor intervin şi alte criterii, ca preţul de cost, posibilitatea procurării imediate, se pot face unele aprecieri privind alegerea materialelor în funcţie de rezistenţa la coroziune, în vederea asigurării unei fiabilităţi ridicate a instalaţiilor de schimb de căldură :

— în instalaţiile în care au apărut fenomene de dezincare accentuate, se impune alegerea unor alame care conţin elemente de aliere inhibitoare ale dezincării : Sn, Al, As, Ni :

— mici adaosuri de Sn şi Pb în compoziţia alamelor au ca efect protejarea suprafeţei ţevilor faţă de coroziunea localizată ;

— suprafaţa laminată a ţevilor de alamă trebuie să fie cît mai netedă, fără neuniformităţi, striuri, caneluri ;

— aliajele de Cu-Ni sînt insensibile la fenomenele de dezincare şi coroziune fisurantă ;

— detensionarea corectă a aliajelor după deformarea plastică la rece evită apariţia fenomenului de coroziune sezonieră. La mărirea fiabilităţii instalaţiilor care folosesc tubulatură din alamă concură în mare măsură modul de exploatare şi natura agentului de răcire, ca şi concepţia constructivă a schimbătorului, pentru care se desprind următoarele recomandări :

— mediul de lucru nu trebuie să conţină particule străine dure, suspensionale, iar cantitatea de aer antrenat trebuie să fie redusă ;

— condiţionarea apelor de răcire, urmărind atît înlăturarea suspensiilor, cît şi a agenţilor corosivi pentru alame — amoniac, cloruri, bioxid de carbon agresiv, hidrogen sulfurat, ca şi menţinerea p*H*-ului apei în domeniu neutru ;

— asigurarea formării iniţiale a unei pelicule protectoare la suprafaţa ţevilor de alamă ;

— curățirea periodică a instalației de produsele de coroziune apărute, ca și de crustele aderente formate :

— soluția constructivă a schimbătorului de căldură să aibă în vedere evitarea coturilor bruște, posibilitatea suprimării eforturilor susceptibile de a fi transformate în tensiuni interne în material.

Ca urmare, fiabilitatea tubulaturii de alamă de la schimbătoarele de căldură este un fenomen complex, determinat de natura materialului, de calitatea agentului folosit la răcirea țevilor, de concepția constructivă a agregatului și de modul de exploatare a instalației.

Bibliografie

[1] Smiriaghin, A. P., Smiriaghin, N. A. și Belova, A. V. *Promîslennie fvetnie metalli i slavi.* Metallurghiia, Moscova, 1974.

[2] Groza, I., Pridvornic, M., Sechel, P. și Grăgulin, M. *Deformarea plastică a metalelor și aliajelor neferoase.* Editura tehnică, București, 1977.

[3] Laque, F. L. și Copson, H. R. *Corrosion ressistence of metals and alloys.* Reinhold Publ. Co., New York, 1963.

[4] Faust, A. *ATB Metallurgie,* vol. XIV. nr. 3, 1974, p. 167.

[5] Evans, U. R. *Korrozita i okișlenie metallov.* Moscova, 1962.

[6] * * * Metals Handbook, vol. 1, ASM, *Metals Park,* Ohio, 1961.

(Articol intrat în redacție la 29 ianuarie 1979)

Metodă spectrofotometrică de determinare a concentrației în aditiv la uleiuri minerale aditivate

Conf. dr. **Victoria Bednar**,
Ing. chim. **Anișoara Butnar**,
Prof. dr. **H. Bednar***)

Uleiul electroizolant, obținut din fracțiuni de ulei selecționat, se utilizează în echipamentul electroenergetic în diverse scopuri :

— izolarea părților sub tensiune, între ele și față de masă ;

— impregnarea și protejarea izolației solide împotriva pătrunderii umezelii și aerului din exterior, prin umplerea cavităților și porilor izolației ;

— agent de răcire, prin disiparea energiei termice generate de partea activă a transformatoarelor de putere ;

— evitarea descărcărilor parțiale ;

— stingerea arcului electric care ia naștere în întrerupătoare.

Datorită stabilității insuficiente a uleiului, caracteristicile lui fizice și chimice se schimbă repede și în consecință se micșorează siguranța în exploatare a echipamentului electric.

Durata redusă în funcționare a uleiului se datorește fie unui regim tehnologic de fabricare necorespunzător utilizat în rafinării, fie influenței anumitor materiale folosite în procesul de prelucrare, fie deficiențelor constructive și condițiilor de exploatare necorespunzătoare a transformatoarelor.

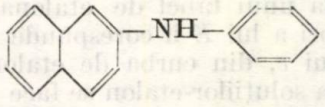
Mărirea duratei de exploatare a uleiului se poate face prin aditivarea uleiului respectiv, adăugarea în acesta a unor substanțe chimice, cu acțiune antioxidantă, în scopul îmbunătățirii stabilității lui la oxidare.

Pentru uleiul electroizolant definit conform STAS 811—72, se experimentează (în urma studiului elaborat de ICEMENERG — București) aditivarea antioxidantă prin utilizarea fenil β-natfilaminei, în concentrație optimă de 0,3 % (greutate) față de cantitatea de ulei.

Fenil β-naftilamina (STAS 6619—73) :

Formula brută : $C_{16}H_{13}N$;

Formula de structură :



Masa moleculară : 219,288.

Fenil β-naftilamina se utilizează și în industria cauciucului ca agent împotriva îmbătrînirii.

Uleiul se consideră uzat cînd caracteristicile fizico-chimice și electrice nu mai corespund valorilor prevăzute în PE 116/78, iar cantitatea de aditiv este de minimum 0,05 %.

Luînd în considerare faptul că pînă în prezent concentrația aditivului respectiv se determina *printr-o metodă spectrofotometrică în infraroșu*, metodă care necesită o aparatură specifică și un mod de lucru complicat (folosirea solvenților organici toxici și a cuvelor cu pereți de KBr sensibili la urme de apă), autorii propun ca metodă de determinare a concentrației fenil β-naftilaminei tot o metodă spectrofotometrică, dar care se poate determina și cu un spectrocolorimetru SPEKOL, în domeniul de spectru vizibil.

Aparatura necesară constă dintr-un spectrocolorimetru tip SPEKOL, cu adaptor de titrare Ti și cuve de 30 ml.

Modul de lucru

Se montează aparatul conform instrucțiunilor de utilizare a acestuia, folosind monocromatorul, lampa electrică și stabilizatorul de tensiune,

*) Conf. dr. Victoria Bednar și prof. dr. Horst Bednar sînt cadre didactice la Universitatea din Brașov ; ing. chim. Anișoara Butnar lucrează la IRE Brașov.

iar ca adaptor, adaptorul de Ti pentru cuva de 30 ml.

Alegerea lungimii de undă s-a făcut cu ajutorul unui spectrofotometru Spekord UV-vis, stabilindu-se domeniul de lucru la extincția maximă, respectiv la 418 nm (fig. 1).

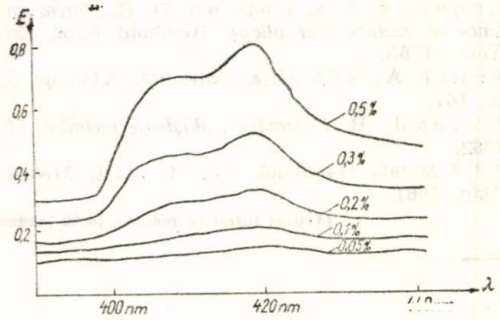


Fig. 1

Se folosește ca lichid de compensare ulei electroizolant proaspăt neaditivat (conform STAS 811—72).

Se prepară circa 6 soluții-etalon cu concentrația c în trepte cunoscute, apoi se determină extincțiile E, folosind aceeași grosime a stratului și aceeași lungime de undă (418 nm).

Se înscrie extincția E, funcție de concentrație, într-un sistem de axe rectangulare. Valorile curbei de etalonare se pot înscrie și sub forma unui tabel de etalonare, în care fiecărei valori a lui E îi corespunde o anumită valoare a lui c, din curba de etalonare.

Pregătirea soluțiilor-etalon se face prin cîntărirea aditivului la balanța analitică și apoi dizolvarea prin agitare la cald (la temperatura de 70—80°C) în cantitatea necesară de ulei.

S-au preparat, de exemplu, cinci soluții cu concentrațiile: 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,5%.

Pentru proba de ulei de concentrație necunoscută în ulei, se face corecția de nul, cu lichid de referință ulei trafo neaditivat. Apoi se introduc în cuvă circa 20 ml ulei aditivat, se introduc în schimbătorul de cuve al adaptorului Ti și se trece obturatorul de lumină pe poziția deschis și la lungimea de undă stabilită (418 nm), citindu-se extincția.

Se determină, cu ajutorul tabelului de etalonare sau al curbei, concentrația corespunzătoare în aditiv.

Concluzii

S-a determinat, cu ajutorul spectrofotometrului Spekord UV—vis, domeniul de lucru (în vizibil) [4] și aplicarea legii de variație liniare a extincției cu concentrația aditivului, la uleiul aditivat (maximul extincției fiind la 418 nm).

S-a verificat reproductibilitatea curbelor în timp.

S-a trasat curba de etalonare: $E = f(c)$ la Spekol (pentru $\lambda = 418$ nm), folosind ca lichid de compensație uleiul neaditivat.

Metoda propusă este rapidă și precisă, necesită doar construirea unei curbe de etalonare cu probe de concentrații cunoscute și măsurarea extincției la proba de concentrație necunoscută.

Nu este necesară prepararea unor soluții de ulei în solvenți organici sau o aparatură scumpă și pretențios întreținută.

Bibliografie

[1] STAS 811—72.
[2] STAS 6619—73.
[3] PA 116—78.
[4] Bednar, H., Sabău, I. și Silberg, I. *Puritatea uleiurilor electroizolante*. În: Energetica 26, nr. 9, 1978, p. 291.

Fiabilitatea înfășurării statorice a marilor generatoare în regim normal și de defect

Ing. C. Țânțăreanu,
Ing. D. Crețu,
Ing. I. Hațegan*)

Generalități

Generatoarele sincrone mari de 800—1200 MW, cu doi și cu patru poli, folosesc în cea mai mare parte concepții tehnice și materiale utilizate și verificate pe grupurile de 300—600 MW aflate în exploatare de aproape 10 ani [1]. Generatoarele din noua generație solicită aproape la limită materialele de care se dispune în prezent; abateri de la parametrii de regim anterior permise pot, în aceste condiții, să afecteze starea materialelor sau a subansamblelor cu consecințe imediate sau îndepărtate privind disponibilitatea generatoarelor.

Indisponibilitatea generatoarelor de foarte mare putere are implicații tehnice și efecte economice disproporționat de mari pentru sistemul energetic în care funcționează (regimuri neeconomice sau critice pentru restul sistemului și, respectiv, staționarea celorlalte echipamente din bloc, în primul rînd a reactorului, deosebit de costisitoare).

Din experiența de exploatare a grupurilor mari (200—400 MVA) cu tensiuni la borne pînă la 25 kV, care însumează circa 7000 MVA și care se află în dotarea sistemului nostru, se

*) Cristian Țânțăreanu, Dumitru Crețu și Ioan Hațegan sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

constată că majoritatea indisponibilităţilor de durată ale generatoarelor (turbo sau hidro) este provocată de defecţiuni ale înfăşurării statorice.

În cele ce urmează se prezintă experienţa autorilor privitoare la comportarea înfăşurărilor statorice ale grupurilor de mare putere, la cauzele defecţiunilor înregistrate, astfel ca, pe baza analizei comparative cu solicitările la grupurile din noua generaţie, să se propună cîteva condiţii tehnice necesare atît constructorilor, ca elemente de referinţă unitare pentru concepţia înfăşurării, cît şi personalului de exploatare, pentru o corectă planificare a regimurilor de funcţionare, a reglajului protecţiilor şi a lucrărilor de revizie şi remediere, în scopul realizării indicatorilor de fiabilitate la valorile convenite.

2. Defecţiuni tipice

2.1. *Deteriorarea conductoarelor elementare tubulare* (CET)

2.1.1. La turbogeneratoarele de 200 MW, cu bare cu izolaţie termorigidă şi răcite cu apă, avînd curentul pe crestătură de 8,7 kA, au apărut mai multe cazuri de fisurare a CET după un stagiu de funcţionare cuprins între

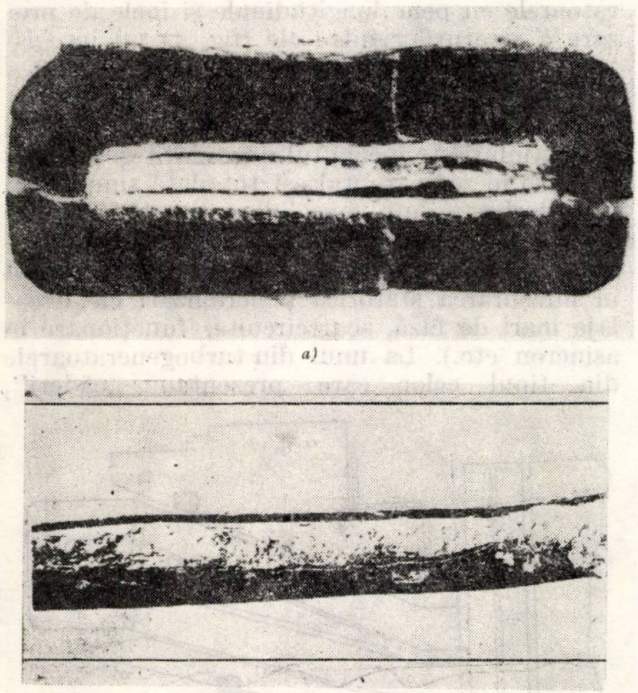


Fig. 1. Conductor elementar tubular fisurat.
a — secţiune transversală; *b* — vedere longitudinală a fisurii.

2000 şi 8000 ore. În figura 1 se prezintă imagini ale fisurilor în pereţii CET.

Fisurile se localizează în apropierea îndoirii pentru transpoziţie şi de obicei în bare de pe fundul crestăturii.

2.1.2. Defecte mai numeroase constînd din apariţia de pori în CET sau la lipituri, fisuri sau caverne în pereţii CET s-au constatat la turbogeneratoarele cu bare statorice cu izolaţie termoplastică şi avînd 17,2 kA pe crestătură. Aceste defecte s-au manifestat relativ frecvent în primele 25 000 ore de funcţionare; frecvenţa lor s-a redus după efectuarea de lucrări substanţiale şi repetate: schimbări de bare, refacerea atentă a consolidării în crestătură, schimbarea materialului penelor, mărirea numărului de suporturi în zona frontală, montarea de segmente de sticlotextolit pentru rigidizarea între ele a barelor dintr-un strat şi a straturilor între ele, înglobarea barelor în zona primei curburi într-o masă de răşină de monolitizare, pentru reducerea vibraţiilor.

2.1.3. La cîteva cazuri cu defecţiunile semnalate la pct. 2.1.2., s-a constatat în plus micşorarea secţiunii conductoarelor elementare, zimţarea muchiilor alăturate suprafeţei care a lucrat, urme de praf verzui, precum şi deteriorarea izolaţiei conductoarelor elementare, toate semne ale vibraţiei lor în timpul funcţionării.

2.2. *Defecţiuni ale izolaţiei barelor*

2.2.1. Uzuri în crestătură cu profunzimi pînă la 2 mm ale izolaţiei barelor s-au constatat cu ocazia reviziilor sau în urma unor declanşări prin protecţia de punere la masă la mai multe tipuri de generatoare cu curenţi nominali pe crestătură variind între 8,7 şi 19,2 kA.

Aceste defecţiuni au apărut în primele 2000—8000 ore de funcţionare şi numai la maşinile la care s-a constatat că s-au utilizat materiale neadecvate solicitărilor mecanice sau/şi datorită concepţiei de consolidare defectuoasă.

2.2.2. La un tip de hidrogenerator cu bare cu izolaţie termorigidă şi consolidare cu precomprimare elastică (care a cedat după cîteva mii de ore de funcţionare), jocul barelor a condus la deteriorarea lacului semiconductor şi la apariţia de uzuri compuse:

— uzuri mecanice ca la pct. 2.2.1.;

— electroeroziuni pe planul de separaţie a celor doi dielectrici (izolaţia barei-aer) şi pe peretele crestăturii.

În figura 2 se prezintă un fragment de bară cu o defecţiune în care preponderentă a fost uzura prin descărcări electrice (electroeroziune).

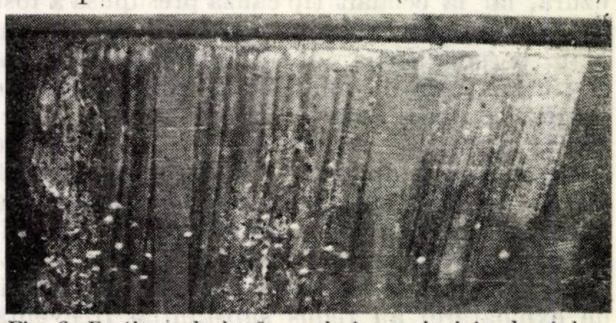


Fig. 2. Porţiune de bară cu electroeroziuni în dreptul a două pachete de tole.

Specific la acest tip de uzură este faptul că suprafaţa afectată este rugoasă atît pe izolaţie cît şi pe peretele crestăturii, unde tolele sînt acoperite cu rugină (spre deosebire de suprafeţele cu uzuri mecanice care se prezintă lucioase şi de culoare metalică).

Electroeroziunile au fost constatate numai la hidrogeneratoarele răcite cu aer. Fenomenul ar fi de aşteptat la turbogeneratoarele mari răcite direct cu apă şi ulei, în cazul în care înfăşurarea statorică s-ar afla într-un gaz activ sau activizabil în cîmp electric intens.

2.3. *Defecţiuni de consolidare*

2.3.1. Slăbirea fixării barelor în crestăturile statorice s-a întîlnit frecvent la unele generatoare în primele 3000 — 7000 ore de funcţionare. La majoritatea cazurilor, slăbirea era produsă de uzura penelor pe suprafaţa de sprijin în tole, însoţită de apariţia jocului penei şi a barei (fig. 3).

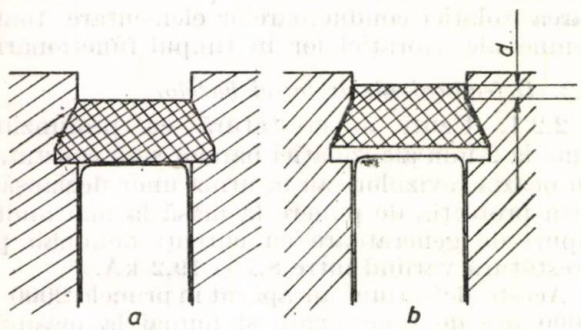


Fig. 3. Mecanismul uzurii penelor de închidere a crestăturilor.

a — pană în stare bună; *b* — pană uzată (suprafeţele îngroşate reprezintă zonele uzate); *d* — jocul penei, indice de apreciere a slăbirii precomprimării radiale.

Depistarea defectului în faza iniţială este relativ uşoară, iar remedierea nu necesită decît refacerea consolidării; în stadiu avansat, apariţia jocurilor a avut consecinţe destul de importante, remedierea necesitînd schimbarea barelor deteriorate, iar într-un caz chiar înlocuirea statorului. Defectul s-a întîlnit des la două tipuri de generatoare; la un tip s-a constatat că materialul din care era confecţionată pana nu avea rezistenţa necesară la uzură, iar la celălalt tip cauza presupusă a fost rigiditatea relativ mică, atît în lungul axei cît şi în plan perpendicular, a miezului magnetic al statorului, faţă de solicitările ciclice de atracţie magnetică dintre stator şi rotor; acestea deformează miezul şi dau o mişcare de închidere şi deschidere a dinţilor crestăturii, care freacă astfel suprafaţa de sprijin a penei. Înlocuirea materialului penelor în primul caz şi modificarea suspensiei miezului magnetic în cel de-al doilea (singura intervenţie posibilă în condiţii de exploatare) au redus substanţial frecvenţa acestui tip de defect.

La turbogeneratoarele din a doua categorie, după 35 000—45 000 ore de funcţionare cu suspensie modificată au început să apară slăbiri ale strîngerii miezului, ruperi de tole în zona dinţilor şi a „cozilor de rîndunică" de pe buloanele de ghidare şi de strîngere a pachetelor de tole care în unele cazuri au deteriorat izolaţia barelor înfăşurării statorice.

Pentru turbogeneratoarele de putere limită, unde solicitările sînt mult mărite, materialul penelor, suprafaţa de sprijin pe tole şi rigiditatea miezului statoric trebuie luate în consideraţie pentru asigurarea indicatorilor de fiabilitate ai înfăşurării statorice.

2.3.2. Deplasarea bobinajului statoric sub acţiunea propriei greutăţi se constată numai la maşinile cu consolidare necorespunzătoare, deşi frecvenţa mare a „căderilor" de bobinaj la hidrogeneratoarele verticale ar putea avansa ideea că defectul este inerent şi „normal". Căderea stratului dinspre întrefier s-a constatat la hidrogeneratoarele care în zona frontală între straturi au manşoane concentrice cu inelele de consolidare şi la turbogeneratoarele la care consolidarea stratului dinspre întrefier se face cu distanţoare şi legături cu şnur între barele stratului şi între straturi. Hidrogeneratoarele care folosesc între straturi distanţoare longitudinale cu autoîmpănare şi turbogeneratoarele cu pene longitudinale şi inele de presare a straturilor între ele (fig. 4) nu înregistrează astfel de căderi nici după 50 000 — 60 000 ore de funcţionare.

Deşi, în sine, defectul nu pare grav, căderea bobinajului este începutul degradării generale a izolaţiei în zona frontală şi totodată simptomul care vorbeşte de o consolidare nesatisfăcătoare ce nu va putea suporta solicitările electrodinamice în regimuri cu curenţi mari de defect în înfăşurarea statorică (sincronizări cu decalaje mari de fază, scurtcircuite, funcţionare în asincron etc.). La unul din turbogeneratoarele din tipul celor care prezentau „căderi",

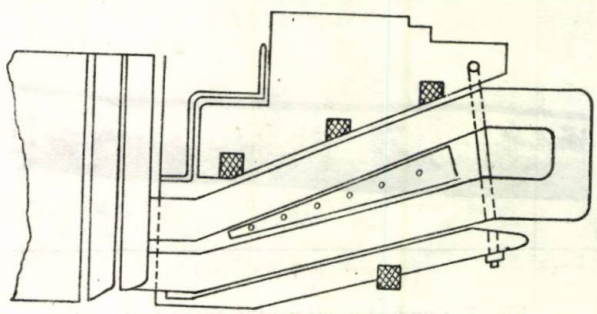


Fig. 4. Secţiune longitudinală a zonei frontale a înfăşurării statorice pentru turbogeneratoarele cu consolidarea îmbunătăţită.

după un scurtcircuit apropiat s-au constatat deplasări importante ale barelor în zona frontală (pînă la 15 mm) şi răsucirea cu pînă la 20° a unor cutii de conexiune la capete de bară;

la proba cu tensiune mărită, nici una din faze nu a rezistat.

2.4. Defecţiunile semnalate la acest capitol sînt caracteristice grupurilor mari şi, cu toată manifestarea lor complexă, au la origine explicaţii comune: fie depăşirea rezistenţei mecanice a materialelor barei statorice şi a consolidărilor, fie concepţie constructivă necorespunzătoare, raportate la nivelul forţelor electrodinamice ce se exercită în regim normal şi de defect asupra înfăşurării [2], [3].

Alegerea adecvată a materialelor şi a soluţiilor constructive se poate face corect şi economic cînd se cunosc exact valorile forţelor amintite.

3. Elemente de calcul necesare aprecierii nivelului solicitărilor electrodinamice

Elementele determinante pentru definirea forţelor electrodinamice sînt:

— în crestătură: curentul pe crestătură şi geometria crestăturii;
— în zona frontală: curentul prin bare şi geometria spaţială a zonei frontale.

3.1. *În crestătură*

3.1.1. În cazul construcţiilor clasice, la funcţionarea în sarcină cîmpul magnetic în crestătură este dirijat cu preponderenţă transversal, fiind generat de curentul statoric. Din interacţiunea cîmpului magnetic cu curentul statoric rezultă o forţă radială pulsatorie, F_r cu frecvenţa dublă celei a curentului.

O diferenţiere a saturaţiei dinţilor apare datorită influenţei cîmpului radial rotoric, care este maxim pe axa polilor; în această zonă, în dinte (şi mai puţin în crestătură), cîmpul radial se compune cu cîmpul dat de curentul statoric, şi anume pe o faţă a crestăturii adiţional, iar pe cealaltă faţă diferenţial. Pe prima faţă a dintelui, saturaţia nu se poate neglija. Ca efect în crestăturile din zona axei polilor, inducţia transversală şi deci forţa radială sînt mai mici decît în alte crestături; în schimb, forţa tangenţială devine mai mare, dar, oricum, rămîne la valori neesenţiale. De aceea calculul acoperitor se face pentru crestăturile cu cea mai slabă influenţă a cîmpului radial rotoric, unde forţa radială este maximă.

În aceste crestături, valoarea forţei F_r se face uzual neglijînd căderea de tensiune magnetică în tole. Această ipoteză a fost verificată printr-un calcul exact al fenomenului de saturaţie datorat curentului statoric; concluzia este că formulele simplificate rezultate din adoptarea ipotezei se pot utiliza în regimul nominal. Rezultatele sînt cu circa 11% acoperitoare.

În tabelul 1 sînt date relaţiile de calcul ale inducţiei şi ale forţelor care au servit la

Tabelul 1

Calculul inducţiei şi al forţelor în crestătura statorică în regim nominal

Nr.				Bara de pe fundul crestăturii	Bara dinspre întrefier
1	Inducţia	instantanee la nivelul y		$B_M \cdot \frac{y}{2h} \cdot \sin \omega t$	$B_M \cdot \frac{1}{2}\left[\sin \omega t + \frac{y}{h} \sin(\omega t + \theta)\right]$
2	transversală	maximă totală		$B_M \cdot \frac{1}{2}$	$B_M \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{1 + \cos\theta}$
3	Forţa radială rezultantă proprie fiecărei bare	instantanee		$F_{rM} \cdot \frac{1}{4}(1 - \cos 2\omega t)$	$F_{rM} \cdot \frac{1}{2} \sin(\omega t + \theta)\left[\sin \omega t + \frac{1}{2} \sin(\omega t + \theta)\right]$
4		maximă	spre fundul crestăturii	$F_{rM} \cdot \frac{1}{4}$	$F_{rM} \cdot \frac{1}{8}\left[1 + 2\cos\theta + \sqrt{5 + 4\cos\theta}\right]$
5		maximă	spre pană	0	$F_{rM} \cdot \frac{1}{8}\left[1 + 2\cos\theta - \sqrt{5 + 4\cos\theta}\right]$
6	Forţa radială rezultantă totală	maximă	spre fundul crestăturii	$F_r = F_{rM} \cdot \frac{1}{2}(1 + \cos\theta)$	
7		maximă	spre pană	$F_{rM} \cdot \frac{1}{8}\left[1 + 2\cos\theta - \sqrt{5 + 4\cos\theta}\right]$	

$$B_M = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 \cdot I_b}{b} \qquad F_{rM} = \frac{4\mu_0 \cdot I_b^2}{b}$$

analiza solicitărilor mecanice în regim nominal, nesaturat [2].

3.1.2. În cazul regimului de defect cel mai dificil, în care curentul maxim este de 9 —10 ori mai mare decît valoarea de vîrf din regimul normal, saturaţia fierului intervine esenţial; formulele din tabel conduc la erori mari de calcul, motiv pentru care se apelează la metode de calcul mai precise.

Metoda de calcul exact. Valoarea şi orientarea forţelor în acest regim se află cunoscînd în prealabil cîmpul magnetic. Cîmpul magnetic se determină prin metoda diferenţelor finite în mediu plan neomogen şi neliniar. În fiecare punct al domeniului plan discretizat, care cuprinde crestăturile şi dinţii statorici conţinuţi într-o secţiune transversală în maşină, se calculează valorile potenţialului vector, ale inducţiei, ale permeabilităţii, definite prin curba de magnetizare, şi în final valorile forţelor electrodinamice.

Rezolvînd ecuaţia cu derivate parţiale:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\nu\,(x, y, A)\,\frac{\partial A}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\nu(x, y, A)\,\frac{\partial A}{\partial y}\right]=J(x,y),$$

se obţin valori discrete în fiecare nod al domeniului.

Este necesar ca reţeaua de discretizare în zona crestăturilor şi a dinţilor să fie suficient de fină pentru a putea separa în crestătură partea conductoare de părţile izolante şi, totodată, pentru a micşora eroarea de discretizare.

Metoda şi programul respectiv de calcul elaborat de autori permit şi determinarea reactanţelor maşinii în condiţiile saturaţiei circuitului magnetic.

Pentru calculul forţelor în condiţiile regimului cu curent maxim de defect se utilizează şi metode simplificate. Acestea pot aprecia nivelul forţei radiale în crestătura cea mai solicitată, dar fără a oferi informaţiile complete ale metodei exacte şi fără a putea fi aplicate în alte regimuri.

Metoda dintelui triunghiular asimilează efectul saturaţiei prin considerarea unui dinte echivalent de forma unui triunghi isoscel de înălţimea dintelui real şi cu baza identică cu baza dintelui real, de permeabilitate infinită. Valoarea forţei maxime rezultante pe fundul crestăturii cu bare aparţinînd aceleiaşi faze este:

$$F=\frac{\mu_0}{2h_b^2\,\mathrm{tg}\,\gamma}\left[2h_b-\frac{b}{2\,\mathrm{tg}\,\gamma}\ln\frac{b+4h_b\,\mathrm{tg}\,\gamma}{b}\right]I_b^2$$

unde

$$\mathrm{tg}\,\gamma=\frac{b_d}{2h_c}$$

Metoda dintelui redus înlocuieşte în calcule dintele real cu un dinte echivalent, de înălţime redusă şi de permeabilitate infinită. Inducţia pe înălţimea crestăturii se calculează în două etape:

— pînă la înălţimea dintelui redus se foloseşte formula din tabelul 1. Înălţimea dintelui redus corespunde valorii curentului I_s cuprins pînă la acest nivel al crestăturii, curent care creează o anumită valoare a inducţiei, B_s. Inducţia B_s, fără semnificaţie fizică, este dată empiric şi are de obicei valoarea 1,70 —1,75 T;

— peste înălţimea dintelui redus, inducţia se calculează cu relaţia:

$$B=B_s+\mu_0\frac{I-I_s}{b+b_d}$$

Forţa rezultantă totală în crestăturile cu bare aparţinînd aceleiaşi faze este:

$$F=\frac{\mu_0}{2b(b+b_d)}\,(4I_b^2\,b+4I_b\,I_s\,b_d-I_s^2\,b_d)$$

Metoda dintelui triunghiular dă în general rezultate pesimiste faţă de calculul cu metoda exactă, iar metoda dintelui redus are erori în funcţie de stabilirea corectă a parametrului teoretic B_s — inducţia de început a saturaţiei.

3.2. *În zona frontală*

Dificultatea unui calcul exact constă nu numai în complexitatea configuraţiei elementelor din zona frontală, dar şi în faptul că problema trebuie studiată dinamic, mai ales în regimurile cu curenţi de defect. Rezolvarea statică este însă practic singura posibilă şi soluţiile oferă informaţii utile, mai ales prin comparaţie şi corelate cu experienţa de exploatare şi cu măsurători.

De aceea se urmăreşte un program de calcul simplu şi totodată exact în ceea ce priveşte considerarea elementelor esenţiale, care să servească ca un instrument de lucru accesibil în studiul comparativ al diverselor variante constructive [4]. Efortul de a modela foarte exact complexitatea fenomenelor în întreaga zonă frontală nu este justificat atunci cînd se urmăreşte numai calculul forţelor.

Evolventa fiecărei bare definită prin expresia analitică este aproximată printr-un număr mare de segmente tangente parcurse de curentul barei respective. Forţele electrodinamice pe unitatea de lungime se calculează în funcţie de inducţiile locale:

$$F_u=(\sin\alpha\cdot B_z-\cos\alpha\,B_y)I_b$$

$$F_v=\frac{1}{\sqrt{1+t^2}}(B_x+t\cos\alpha\,B_z+t\sin\alpha\,B_y)I_b$$

Forţele se dau în componente după axa u orientată pe direcţia axei de inerţie minimă a secţiunii dreptunghiulare prin bară şi după axa v pe

direcția axei de inerție maximă. Acest sistem de coordonate se consideră cel mai potrivit pentru aprecierea comportării la deformații a barelor.

Algoritmul modelează exact geometria celor două straturi ale înfășurării, iar curenții apar cu defazajele din regimul respectiv și conform schemei înfășurării.

Practic și suficient, discretizarea evolventei se face în segmente de circa 10 cm lungime; valoarea locală a forței se calculează pe rînd pentru fiecare segment de bară în funcție de inducția locală definită de toate celelalte segmente din zona frontală (peste 1000) parcurse de curenții respectivi.

Considerarea secțiunii barelor se face prin intermediul unor coeficienți subunitari care corectează valoarea forțelor calculate inițial în ipoteza curenților filiformi. Fierul statoric, piesele metalice din zonă și diafragma se consideră nesaturate în regim normal și influența lor se modelează prin metoda simetriei în oglindă a curenților din evolventele statorice. Influențele limitelor feromagnetice cilindrice, a curenților induși în fier și a curenților rotorici sînt laborios de luat în calcul; ele nu afectează precizia rezultatelor decît cu cel mult 10% în unele zone extreme ale evolventei [5] și deci neglijarea lor în premisele de calcul este justificată.

în exploatare, soluții care și-au dovedit eficacitatea, și pentru concepția turbogeneratoarelor de 700 MW și de 1250 MVA*), în vederea creșterii siguranței în funcționare.

Unele calcule și soluții au fost verificate pe modele experimentale.

În baza experienței proprii se prezintă în continuare cîteva aspecte care pot determina fiabilitatea înfășurării statorice a grupurilor mari de concepție tradițională: deteriorarea CET, solicitările în zona frontală și consolidarea, influența saturației asupra solicitărilor în regim de defect în crestătură.

Problemele privind calitatea izolației barelor pentru tensiuni pînă la 27 kV, consolidarea radială și laterală cu precomprimare elastică în crestătură, la nivelul superior al realizărilor cunoscute, se consideră satisfăcătoare pentru asigurarea fiabilității grupurilor mari și nu intră în discuție.

Pentru ilustrare s-au ales patru tipuri reprezentative de turbogeneratoare, prezentate în tabelul 2.

Primele două se află în exploatare, iar ultimele două în studiu.

4.1. *La turbogeneratorul de 240 MVA* au apărut defecțiunile: fisuri ale CET, uzura izolației, căderea de bobinaj, instabilitate mecanică la scurtcircuit apropiat și slăbirea pre-

Tabelul 2

Caracteristicile unor tipuri de generatoare studiate. Solicitările mecanice în crestătură

Puterea generatorului, MVA	240	400	777	1250
Curent pe crestătură, kA	17,2	18,8	18,7	30
Tensiunea nominală, kV	15,75	24	24	24
Numărul crestăturilor	30	36	48	60
Numărul polilor rotorici	2	2	2	4
Dimensiunile conductorului elementar tubular (CET), mm	$\frac{5,5\times1,9}{8,8\times5,1}$	$\frac{5,7\times1,7}{8,0\times3,9}$	$\frac{4,8\times1,7}{7,0\times3,9}$	$\frac{6,8\times1,9}{9,0\times3,9}$
Lățimea crestăturii, mm	55	47	42,5	51,3
Forța radială specifică, kN/m				
— regim normal	7,5	9,3	10,3	22,0
— regim de defect	370	510	500	1136
Presiunea pe izolație, MN/m²				
— regim normal	0,21	0,29	0,36	0,52
— regim de defect	11,0	16,0	17,5	29,0
Solicitarea peretelui CET, MN/m²				
— regim normal	2,8	2,6	2,4	7,7
— regim de defect	44	58	57	128
Observații	Soluție limită pentru izolație termoplastică. În exploatare: cca 400 mii ore funcționare × mașină	Soluție aproape de limită pentru o cale de curent. În exploatare: cca 140 mii ore funcționare × mașină	Soluție accesibilă prin dezvoltarea tehnologiei cunoscute de la grupul de 400 MVA. În studiu	Soluție aproape de limită pentru construcția „clasică". În studiu

4. Fundamentarea unor elemente de concepție pentru grupurile mari

Defectele semnalate au pus problema analizei atente a cauzelor și a circumstanțelor de apariție a lor; analiza a fost utilă pentru concretizarea unor soluții de remediere la grupurile sării miezului. Dintre acestea, deteriorarea CET merită o discuție.

*) Unele aspecte ale studiului pentru turbogeneratorul de 1250 MVA s-au făcut în colaborare cu laboratorul de specialitate din cadrul Direcției de studii și cercetări din Electricité de France [6], [7].

4.1.1. CET aflat în transpoziţie pe fundul crestăturii este cel mai solicitat. În regim normal, calculul solicitării pereţilor CET se face ţinînd seama de compresia asupra lor şi de încovoierea datorită sarcinii distribuite pe latura mare a CET. O dependenţă a solicitării compuse asupra peretelui CET de datele de calcul rezultă din relaţia :

$$\sigma = \frac{F_r}{3b_{cu}} \frac{b_0^2}{g^2},$$

care conduce la aprecieri suficient de corecte în cazul barelor cu izolaţie termorigidă, care preia, alături de cupru, presiunea corespunzătoare. În regim de defect se depăşeşte limita de elasticitate a cuprului în ipoteza calculului cu relaţia de compunere compresie-încovoiere, de mai sus. Latura mare a CET se curbează uşor spre interior şi solicitarea este preluată de pereţi ca o compresie pură, care este considerată ipoteza de calcul mai realistă.

Cu aceste relaţii s-au calculat datele din tabel privind solicitarea peretelui CET.

La generatorul de 240 MVA, calculul ţine seama de faptul că izolaţia este de tip termoplastic.

Fisurile semnalate la acesta se pun în seama valorii mici a rezistenţei la deformare elastică (circa 40 MN/m²) şi a neomogenităţii materialului, deficienţe accentuate de consolidarea slabă. Înlocuirea barelor cu carenţe şi refacerea consolidării au redus substanţial frecvenţa apariţiei fisurilor.

Pentru aprecierea solicitărilor la oboseală (în cursul „vieţii" unui generator se acumulează peste 7×10^{10} cicluri de compresie), este de menţionat că pentru cuprul din peretele CET de calitate bună, se admit în regim normal de durată solicitări ciclice compuse, calculate conform formulei de mai sus, de 10 MN /m².

În concluzie, la înfăşurarea generatorului de 777 MVA se poate utiliza cupru aliat cu limita de elasticitate de 60 MN/m², ca la generatorul de 400 MVA, însă pentru generatorul de 1250 MVA se impune folosirea cuprului dur aliat cu argint cu caracteristici şi toleranţe strînse şi cu limita de deformare elastică mai mare de 130 MN/m².

Solicitările în regim normal în peretele CET pentru diferite variante constructive ale turbogeneratorului de 777 MVA se dau în figura 5.

Se vede că, şi după acest criteriu, se impune o variantă cu două căi de curent în paralel.

4.1.2. Posibilitatea deformării CET însoţită de reducerea secţiunii de trecere a apei de răcire este periculoasă la maşinile mari, unde densitatea aparentă a curentului statoric depăşeşte 10 A/mm², iar densitatea reală, cu considerarea locală a efectului pelicular, poate fi de cîteva ori mai mare.

Studiul pe model fizic la scară reală a regimului termic stabilizat şi tranzitoriu al barelor statorice în crestătură, inclusiv în ipotezele limită de obturare completă a unor CET, s-a făcut pentru generatorul de 240 MVA [8]. Dia-

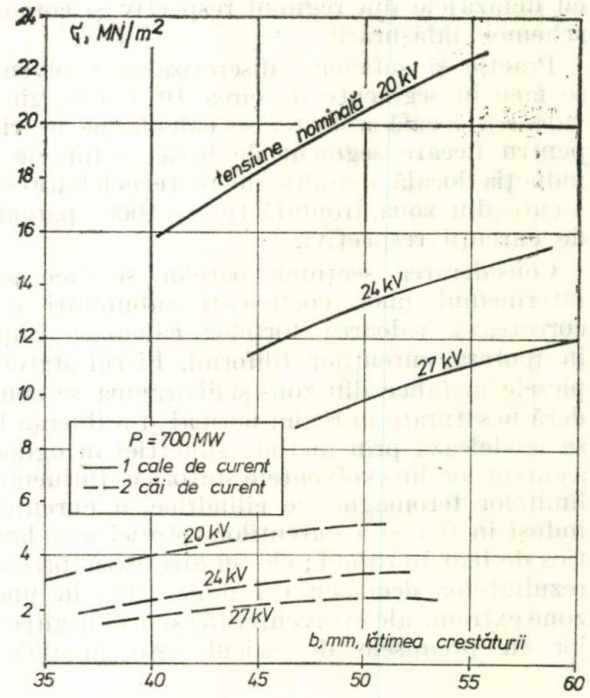


Fig. 5. Solicitările peretelui conductorului tubular din bară în crestătura statorică pentru regimul normal al turbogeneratorului de 777 MVA.

gramele din figura 6 prezintă cîteva concluzii sintetice privind solicitarea termică suplimentară a barelor cu CET obturate, precum şi regimurile admisibile în astfel de situaţii.

4.2. *Turbogeneratoarele de 400 MVA*, după 45—50 mii ore de funcţionare fără intervenţii, se prezintă satisfăcător atît în crestătură cît şi în zona frontală. Singurele deficienţe sînt următoarele :

— circa 20 % din penele de închidere a crestăturii sînt slăbite uşor ;

— slăbirea cîtorva tije de fixare şi strîngere a pieselor longitudinale în zona frontală prin apariţia jocului de pînă la 2 mm între piuliţă şi consolă ;

— inelul izolant dintre straturi dinspre capătul barelor, format din segmente încastrate, s-a deplasat înspre capătul barelor, ceea ce a condus la depărtarea segmentelor între ele pînă la 10 mm.

Lucrările de remediere sînt simple şi refac complet starea iniţială a sistemului de consolidare.

Turbogeneratorul de 777 MVA, sub aspectul solicitărilor înfăşurării statorice, depăşeşte cu puţin valorile corespunzătoare turbogeneratorului de 400 MVA aflat în exploatare ; din

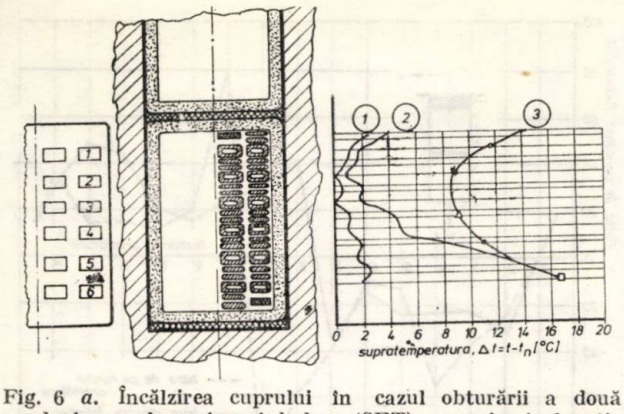


Fig. 6 *a*. Încălzirea cuprului în cazul obturării a două conductoare elementare tubulare (CET) succesive în funcție de poziția lor pe înălțimea barei pentru generatorul de 240 MVA

① temperatura conductoarelor elementare în regim normal; ② temperatura conductoarelor elementare în cazul particular al obturării CET nr. 5 și 6; ③ încălzirile maxime în situațiile: ○ CET 1 și 2 obturate; • CET 2 și 3 obturate; △ CET 3 și 4 obturate; ● CET 4 și 5 obturate; □ CET 5 și 6 obturate.

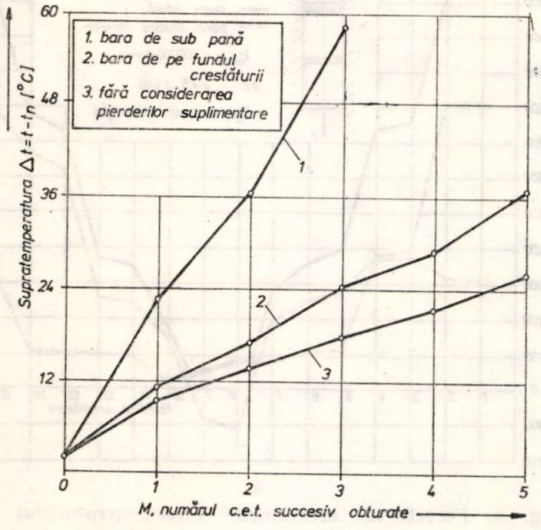


Fig. 6 *b*. Încălzirile maxime în cupru în funcție de numărul conductoarelor elementare tubulare obturate succesive.

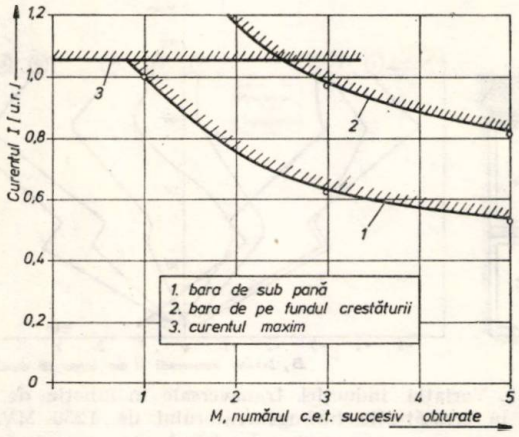


Fig. 6 *c*. Domeniile admisibile de funcționare de durată a semibarei statorice cu conductoare elementare tubulare obturate.

acest punct de vedere, cu aceleași materiale, dar cu mici îmbunătățiri constructive și tehnologice legate în primul rînd de alungirea miezului, turbogeneratorul de 777 MVA este realizabil cu același grad de fiabilitate.

În cazul turbogeneratoarelor de 777 MVA la 1500 rot/min solicitarea barelor în crestătură este sub nivelul celei de la grupul de 3000 rot/min (deoarece diametrul mărit al statorului permite alegerea convenabilă a geometriei crestăturii), iar în zona frontală forțele și momentele de încovoiere rezultă de asemenea mai mici (datorită lungimii reduse a evolventei). Înfășurarea statorică a acestui turbogenerator la 1500 rot/min s-ar putea realiza integral cu soluțiile constructive și tehnologice utilizate la grupul de 400 MVA și 3000 rot/min aflat în exploatare.

Pentru generatorul de 1250 MVA, sistemul de consolidare a zonei frontale a fost îmbunătățit prin înlocuirea inelelor dintre straturi cu pene de distanță fixate longitudinal, de tipul celor prezentate în figura 4, care elimină posibilitatea de deplasare între straturi; sistemul facilitează deplasarea monolit a zonei frontale față de miez în direcție longitudinală.

Pentru exemplificare se prezintă, în figura 7, alura și valoarea forțelor ce se exercită în lungul evolventei barelor generatorului de 400 MVA în regim normal.

Notăm faptul că componenta forței pe axa u, F_u — care solicită la încovoiere pe direcția laturii mari a secțiunii barei — este preponderentă, fiind în general de 3—4 ori mai mare decît componenta pe axa v, F_v. Maximul solicitării apare în apropierea zonei ieșirii barei din crestătură.

Barele cele mai solicitate se află la separația grupei de bare de aceeași fază.

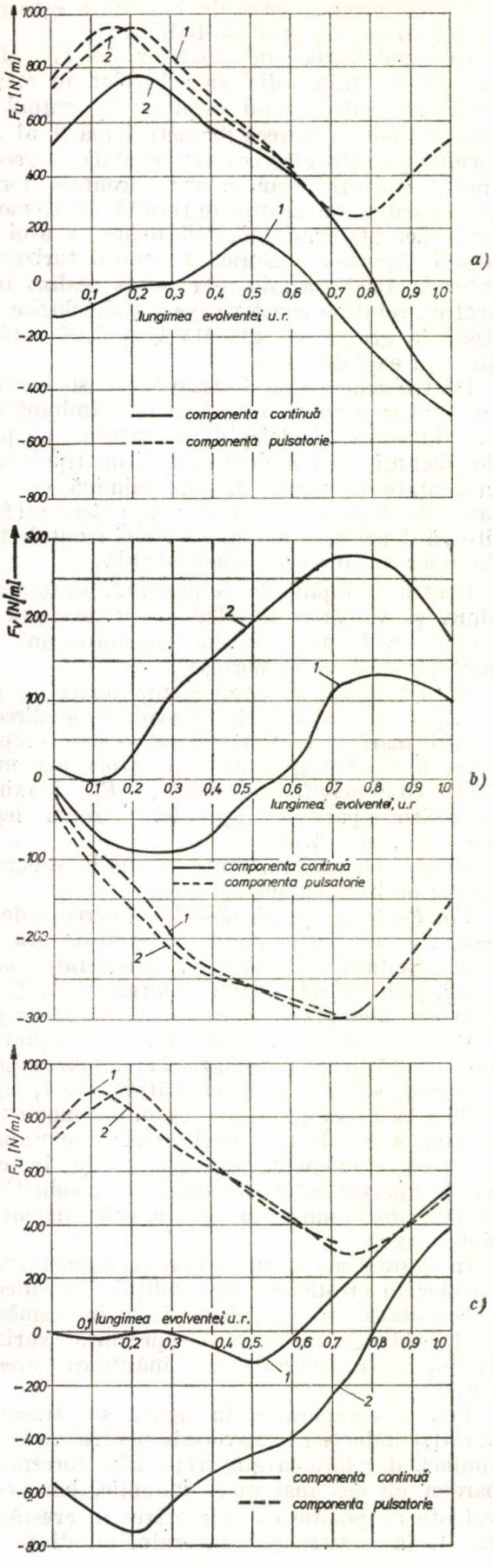
4.3. *Pentru grupul de 1250 MVA* în regim de defect, valoarea forțelor radiale în crestătura cea mai solicitată, calculate cu considerarea saturației, prin metoda exactă, reprezintă 57 % din valoarea calculată în ipoteza neglijării saturației.

Pentru schema de înfășurare a mașinii cu cinci crestături pe pol și fază și cu un pas scurtat de 0,869, solicitările în crestătura nr. 1, unde ambele bare corespund fazei cu curent momentan maxim, sînt cele mai mari pe direcție radială. În același moment, în crestăturile în care barele aparțin celorlalte două faze, solicitările radiale sînt minime; în schimb, cele tangențiale sînt maxime.

În figura 8 se prezintă repartiția momentană a forțelor în crestături, în condițiile specificate.

Rezultatul este evident dacă se urmăresc curbele din figura 9, care reprezintă variația inducției transversale pe înălțimea crestăturilor.

Pentru comparație, în figură s-a trasat și variația inducției transversale pentru un stator similar, dar fără crestături; curba corespunde barelor cu cea mai mare inducție, bare echivalente ca poziție cu cele aflate în crestătura nr. 1, în construcția statorului cu dinți.



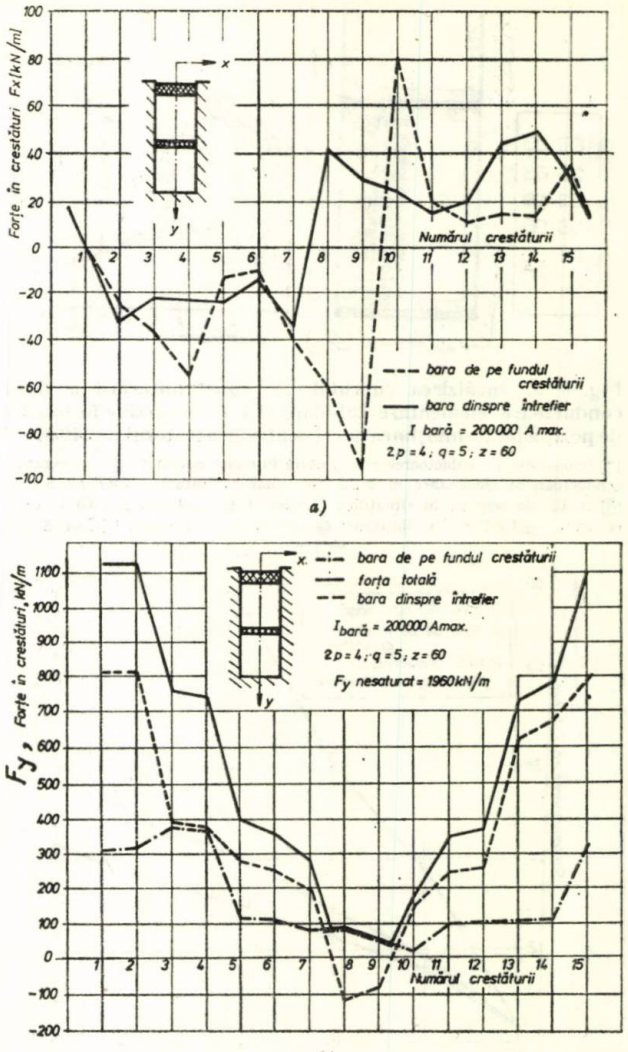


Fig. 8. Forțele în crestăturile turbogeneratorului de 1250 MVA în regim de defect.

a — spre peretele crestăturii; *b* — spre fundul crestăturii.

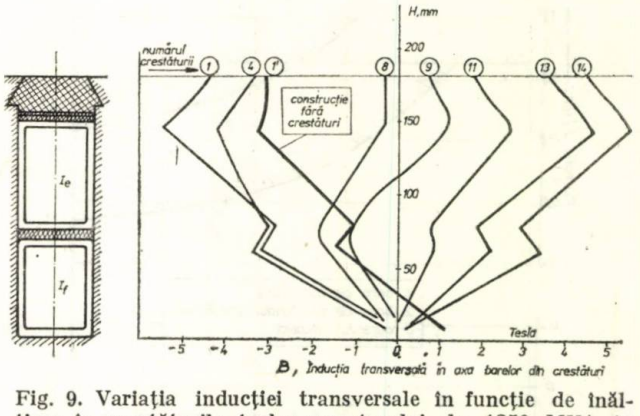


Fig. 9. Variația inducției transversale în funcție de înălțime în crestăturile turbogeneratorului de 1250 MVA în regim de defect.

← Fig. 7. Forțele în regim normal în lungul evolventei barelor extreme dintr-un grup de bare de aceeași fază pentru generatorul de 777 MVA.

a — forțele F_u în barele dinspre întrefier; *b* — forțele F_v în barele dinspre întrefier; *c* — forțele F_u în barele de pe fundul crestăturii.

1 — bară extremă cu raza de curbură orientată spre interiorul grupei; *2* — bară extremă cu raza de curbură orientată spre exteriorul grupei.

Concluzii și propuneri

Calculele comparative privind solicitările electromecanice, corelate cu constatările făcute cu ocazia reviziilor sau a analizelor de defect și cu indicatorii de fiabilitate realizați de generatoarele reușite aflate în exploatare, permit elaborarea de condiții tehnice unitare și fundamentează opțiunile pentru soluțiile constructive ce asigură fiabilitatea de referință pentru noul palier de putere care urmează a fi asimilat în țară [9].

1. Statorul turbogeneratorului de 700 MW poate fi realizat utilizînd materialele cu caracteristici de vîrf de care se dispune în țară în prezent și după o tehnologie similară celei asimilate pentru statorul turbogeneratorului de 330 MW. Anumite modificări tehnologice privesc în primul rînd detalii constructive ale consolidării bobinajului în zona frontală.

2. Statorul turbogeneratorului de 700 MW realizat în astfel de condiții va satisface criteriile de fiabilitate cerute turbogeneratoarelor mari din centralele electrice, și anume:

- durata de viață utilă — mai mare de 200 000 ore
- durata între două revizii planificate după anul de garanție — 20 000 ore
- probabilitatea de bună funcționare între două revizii planificate — 0,995
- media timpului de bună funcționare — mai mare de 25 000 ore
- durata medie a unei reparații după defectare — 800 ore
- durata medie a unei reparații planificate — 600 ore
- disponibilitatea — 96,2%

Aceste valori justifică economic efortul științific și tehnologic pentru noul palier de putere și în cazul centralelor nucleare, unde cheltuielile inițiale depășesc de multe ori investițiile normale din centralele clasice.

3. Pentru palierul de putere următor (1000—1200 MW), realizarea indicatorilor de fiabilitate de mai sus poate fi asigurată cu materiale cu caracteristici superioare și cu soluții constructive îmbunătățite, adecvate.

Lista de notații neexplicate în text

I_b — valoarea curentului într-o bară statorică
I — valoarea curentului statoric pe crestătură
B — inducția magnetică
A — potențialul magnetic vector
J — densitatea de curent
ν — reluctivitatea
θ — defazajul curenților din barele statorice dintr-o crestătură
b — lățimea crestăturii
b_{cu} — lățimea cuprului în bara statorică
b_0 — lățimea canalului interior al conductorului elementar tubular (CET)
g — grosimea peretelui CET
h_b — înălțimea barei statorice
h_c — înălțimea crestăturii
b_d — lățimea dintelui statoric
b_{dr} — lățimea medie a dintelui redus
α — unghiul conului zonei frontale a înfășurării statorice
t — parametrul curent al evolventei
F_t — forță electrodinamică specifică (pe unitatea de lungime)

Bibliografie

[1] Țânțăreanu, C. și Kertesz, T. *Progrese în construcția, exploatarea și întreținerea generatoarelor și motoarelor electrice.* INID, București, 1977.

[2] Crețu, D., Hațegan, I. și Țânțăreanu, C. *Vibrația în crestătură a conductoarelor înfășurării statorice a turbo și hidrogeneratoarelor mari.* În: Energetica, nr. 10, 1972.

[3] Golodnova, O. S. ș.a. *Dinamika sostoianiia abmotki v pazah statora turbogheneratora TVV—165—2.* În: Elektriceskie stanții, nr. 1, 1978.

[4] Țânțăreanu, C. *Influența schemei înfășurării statorice a turbogeneratoarelor asupra forțelor electrodinamice în zona frontală.* Comunicare la sesiunea CIT, București, 1975.

[5] Țvetkov, V. A. *K rașciotu elektrodinamiceskih sil v zone lobovih ciastei abmotki statora elektriceskoi mașini.* În: Elektricestvo, nr. 4, 1972.

[6] Pasdeloup, M. și Țânțăreanu, C. *Tenue mécanique des enroulements dans les encoches statoriques des turboalternateurs.* Lucrare Electricité de France, DER, M 16—358, 1974.

[7] Țânțăreanu, C. *Algorithme et programme de calcul des forces electrodynamiques dans les encoches statoriques.* Lucrare Electricité de France, DER, M 16—359, 1974.

[8] Crețu, D. și Țânțăreanu, C. *Criterii pentru determinarea încărcării admisibile a turbogeneratoarelor cu conductoare elementare tubulare obturate în înfășurarea statorică.* În: Studii și cercetări în energetică, nr. 3, 1973.

[9] Țânțăreanu, C., Crețu, D. și Hațegan, I. *Assurance de la fiabilité de l'enroulement statorique dans les gros alternateurs conformément aux contraintes électrodynamiques,* Raportul 1—14, Congresul Electrotehnic Mondial, Moscova, 1977.

(Articol intrat în redacție la 3 februarie 1979)

Normalizarea treptei de 1140 V pentru rețelele cu neutrul izolat din schelele petrolifere și exploatările miniere

Conf. dr. ing. **P. Buhuș**
și ing. **M. Sufrim***)

1. Oportunitatea normalizării treptei de 1140 V

1.1. *Avantaje economice*

Trecerea la o treaptă de tensiune superioară este una dintre metodele clasice care pot fi folosite pentru micșorarea pierderilor în rețelele de distribuție a energiei electrice. Sînt însă destul de rare cazurile în care această metodă poate fi aplicată fără a fi necesară o creștere a nivelului de izolație al liniilor electrice și deci fără importante eforturi de investiții în acest scop.

Un astfel de caz îl reprezintă rețelele utilizate pentru distribuția energiei la tensiuni de ordinul sutelor de volți și care — cel mai adesea — au izolația dimensionată pentru o tensiune maximă de serviciu egală cu 1250 V. Ca urmare, prin ridicarea tensiunii de exploatare pînă la valoarea de 1140 V s-ar asigura în primul rînd o folosire mai judicioasă a nivelului de izolație cu care sînt prevăzute în mod curent rețelele de distribuție din schelele petrolifere și din exploatările miniere. Totodată s-ar mai putea obține două importante avantaje economice.

Astfel, în condițiile actualei metodologii de dimensionare a rețelelor de distribuție cu ajutorul densităților economice de curent, costul consumurilor tehnologice variază invers proporțional cu valoarea tensiunii de exploatare. Ca urmare, prin ridicarea tensiunii de exploatare la 1140 V, costul pierderilor poate fi redus cu 56 % sau chiar 66 % în cazurile instalațiilor care actualmente sînt exploatate la 500 V, sau, respectiv, 380 V.

În plus, odată cu mărimea tensiunii de exploatare se mai poate conta fie pe o creștere proporțională a capacității de transport pentru circuitele existente, fie — în ipoteza unei aceleiași capacități de tranzit — la instalațiile de distribuție nou construite pot fi adoptate valori mai mici pentru secțiunile conductoare. În ambele ipoteze, avantajul l-ar reprezenta o reducere a efortului de investiții.

În etapa actuală, în schelele noastre petrolifere rețelele pentru alimentarea sondelor în pompaj sînt exploatate de obicei la tensiunea de 500 V. Limitîndu-ne doar la o generație de noi sonde trecute în pompaj în timp de un an, studiile efectuate [1] arată că prin mărirea tensiunii de exploatare la 1140 V, în rețeaua de distribuție s-ar putea obține o economie totală de ordinul a 20 ... 30 milioane lei.

Corespunzător unei durate medii de exploatare a sondelor egale cu 10 ani, reducerea cheltuielilor datorate pierderilor de energie poate fi estimată la circa 25 milioane lei în cazul distribuției aeriene și de ordinul a 10 milioane lei în ipoteza utilizării unei distribuții în cablu.

În cazul unei distribuții aeriene cu conductoare de cel mult 120 mm², nu sînt de așteptat economii importante prin micșorarea secțiunilor conductoare. În schimb, în ipoteza unei distribuții subterane, la care pot fi folosite secțiuni pînă la 240 mm², efortul inițial de investiții ar putea fi micșorat cu circa 10 milioane lei. Totodată, în ambele ipoteze ar mai fi de așteptat o economie de investiții în capacități din centralele electrice care nu vor mai fi necesare pentru producere de consumuri tehnologice ale rețelelor de distribuție din schelele petrolifere. Valoarea acestei componente ar putea fi de ordinul a 3 milioane lei în ipoteza distribuției aeriene și 1 milion lei în cazul distribuției subterane.

1.2. *Tendința de mărire a tensiunilor de exploatare în alte țări*

În exploatările miniere, ridicarea tensiunilor de exploatare la valoarea de 1140 V este de așteptat să fie de asemenea o măsură eficientă din punct de vedere economic. O confirmare în acest sens o reprezintă și tendința din ultimul deceniu de utilizare a tensiunilor nominale de 1100—1140 V în exploatările miniere din tot mai numeroase țări. În Anglia [2], [3], [4] și în Franța [5] se folosește pe scară largă tensiunea nominală de 1100 V. În bazinele carbonifere din R.F.G., de mai mulți ani se înlocuiește tensiunea de 500 V cu valorile de 1000 — 1100 V [6], [7], [8]. Aceeași tendință se constată în Austria, Canada și S.U.A. [9]. În U.R.S.S. [10], [11], [12] și în Polonia [9] se utilizează pe scară tot mai largă valoarea de 1140 V.

Trecerea la tensiuni mai ridicate în exploatările miniere se încadrează într-o tendință mult mai generală, care se manifestă pe plan mondial de pe la mijlocul deceniului trecut. Astfel, în anul 1967 Comisia Electrotehnică Internațională a recomandat normalizarea tensiunii de 660 V $= \sqrt{3} \cdot 380$ V. În scurt timp această treaptă a fost adoptată pe o scară foarte largă și un număr tot mai mare de publicații o apreciază ca reprezentînd tensiunea optimă pentru alimentarea motoarelor cu puteri nominale între 0,5 ... 500 kW.

Totuși, se pare că aceste aprecieri au în vedere cazurile în care consumatorii de forță sînt concentrați în hale industriale sau pe suprafețe nu prea întinse. Ca urmare, în cazul rețelelor din exploatări miniere prin care sînt

* Dr. ing. Pavel Buhuș este conferențiar la Institutul politehnic București; Mauriciu Sufrim este inginer proiectant principal la ISPE.

alimentaţi consumatori de forţă dispersaţi pe suprafeţe mai mari, încă de la sfîrşitul anilor '60 se constată o preferinţă tot mai accentuată pentru tensiunile nominale de 1100 V sau respectiv 1140 V = $\sqrt{3}$·660 V. Şi în ţara noastră, în ultimul timp au început să fie importate instalaţii de mecanizare a extracţiei cărbunelui ale căror motoare au tensiunea nominală egală cu 1140 V.

1.3. *Normalizarea treptei de 1140 V*

Avînd în vedere tendinţa care se constată în numeroase alte ţări, precum şi avantajele economice prezentate, considerăm că a devenit indicat să fie pusă şi la noi în ţară problema unei normalizări a treptei de 1140 V.

Într-o astfel de ipoteză, scala valorilor nominale pentru instalaţiile de distribuţie cu tensiuni maxime de serviciu pînă la 1250 V ar cuprinde treptele: 380/220, 660 şi, respectiv, 1140 V. Ca o consecinţă s-ar putea obţine şi avantajul unei soluţionări mai eficiente a necesarului de motoare, acestea urmînd să fie construite în două variante: una de 380/660 V destinată instalaţiilor de 380 V sau de 660 V, iar cealaltă de 660/1140 V pentru racordarea la reţelele de 660 V sau la cele de 1140 V.

2. Implicaţii din punctul de vedere al protecţiei împotriva electrocutărilor

2.1. *Prezentarea problemei*

Reţelele din schelele petrolifere şi exploatările miniere trebuie să funcţioneze cu punctul neutru izolat pentru limitarea curenţilor de punere la pămînt şi pentru micşorarea în acest fel a riscului exploziilor şi al accidentelor prin atingere indirectă. Dacă tensiunile de lucru ale acestor reţele sînt sub 1000 V — conform STAS 8275/1978 [13] şi Normelor republicane de protecţia muncii [14] —, în prezent se consideră că astfel de instalaţii fac parte din categoria reţelelor de joasă tensiune.

Rezultă deci că, în conformitate cu prevederile actualmente în vigoare, treapta de 1140 V ar intra în categoria tensiunilor înalte, şi în această ipoteză măsurile de protecţie împotriva electrocutărilor prin atingeri directe ar trebui să fie mult mai severe şi mai costisitoare [15], [16], [17].

Pe baza elementelor prezentate în cele ce urmează, considerăm totuşi că limita maximă actuală de 1000 V ar putea fi înlocuită fără riscuri deosebite cu valoarea de 1250 V. Ca urmare, reţelele cu neutru izolat exploatate la tensiunea de 1140 V ar putea fi încadrate în categoria instalaţiilor de joasă tensiune, cu precizarea că la astfel de reţele nu ar trebui admis lucrul sub tensiune.

2.2. *Protecţia împotriva electrocutărilor prin atingere indirectă*

În cazul reţelelor cu punctul neutru izolat, relaţia de calcul a curentului de punere simplă la pămînt este:

$$I_p = \sqrt{3}U \frac{\frac{1}{R_{iz}} + j\omega C}{1 + 3\left(\frac{1}{R_{iz}} + j\omega C\right) R_p}; \qquad (1)$$

unde R_{iz} este rezistenţa de izolaţie a reţelei faţă de pămînt, considerată egală pe cele trei faze;

C — capacitatea fazelor faţă de pămînt, considerată egală pe cele trei faze;

R_p — rezistenţa de trecere în pămînt la locul defectului.

Considerînd în mod acoperitor $R_p = 0$, valoarea efectivă a curentului de punere la pămînt poate fi calculată cu relaţia:

$$I_p = \sqrt{3}U \sqrt{\frac{1}{R_{iz}^2} + (\omega C)^2}. \qquad (2)$$

În cele ce urmează vom lua în considerare cazul mai puţin favorabil al unei reţele extinse avînd $C = 10^{-5}$ F şi cu o rezistenţă de izolaţie a cărei valoare a scăzut la $R_{iz} = 10$ kΩ. În aceste condiţii se obţin $I_p = 3{,}58$ A la funcţionarea cu $U = 660$ V şi $I_p = 6{,}20$ A dacă tensiunea de exploatare se măreşte pînă la 1140 V. Ambii curenţi sînt relativ mici şi permit realizarea cu uşurinţă a protecţiei împotriva electrocutărilor prin atingeri indirecte în conformitate cu prevederile pentru instalaţiile de joasă tensiune din STAS 6119/1978 [18].

În exploatările subterane, pentru rezistenţa de trecere în pămînt se impune $R_p \leqslant 2$, ceea ce conduce la tensiuni de atingere şi de pas mult mai mici decît valoarea maxim admisă egală cu 24 V. Pentru reţelele de la suprafaţă, valorile maxim admise fiind mai ridicate — 40 V sau 65 V —, situaţia este şi mai uşoară.

Rezultă că încadrarea tensiunilor de lucru pînă la 1250 V în categoria celor de joasă tensiune nu impune revizuirea condiţiilor şi limitelor privind dimensionarea instalaţiilor de legare la pămînt, reglementată prin STAS 6119/1978 [18].

2.3. *Protecţia împotriva electrocutărilor prin atingere directă*

De regulă, reţelele cu neutrul izolat nu prezintă avantaje importante — din punctul de vedere al protecţiei împotriva electrocutărilor prin atingere directă — faţă de reţelele cu neutrul legat la pămînt. Face excepţie numai cazul separărilor de protecţie prin transforma-

tor de separare cu partea secundară izolată față de pămînt și la care se admite racordarea doar a unui singur receptor.

În cazul obișnuit al rețelelor de utilizare întinse, la care capacitățile au valori ridicate, iar rezistența de izolare poate să scadă sub 10 kΩ, curentul prin om I_h are valori destul de mari chiar și în cazul atingerii directe a unor instalații cu tensiuni nominale sub 380 V.

În cele ce urmează se va arăta că valorile curentului I_h sînt comparabile cu cele din cazul rețelelor cu neutrul legat la pămînt. Astfel, curentul prin om la atingerea unei faze dintr-o rețea trifazată cu neutrul legat la pămînt se determină cu relația:

$$I_h = \frac{U}{\sqrt{3}R_h}, \tag{3}$$

în care R_h este rezistența corpului omenesc. Conform STAS 2612/1972 [20], în calcule se adoptă $R_h = 1\,000\ \Omega$.

În cazul unei rețele izolate față de pămînt, curentul prin om la atingerea unei faze are expresia:

$$I_h = \sqrt{3}U \frac{\frac{1}{R_{iz}} + j\omega C}{1 + 3\left(\frac{1}{R_{iz}} + j\omega C\right)R_h} \tag{4}$$

Valoarea efectivă a acestui curent poate fi scrisă sub forma

$$I_h = \frac{U}{\sqrt{3}R_h}F, \tag{5}$$

în care

$$F = \sqrt{\frac{\frac{1}{R_{iz}^2} + (\omega C)^2}{\left(\frac{1}{3R_h} + \frac{1}{R_{iz}}\right)^2 + (\omega C)^2}}. \tag{6}$$

Comparînd relațiile (5) și (3), se observă ușor că valoarea factorului F este egală cu raportul dintre mărimile curenților prin om în cazul atingerii directe a unei faze în ipotezele în care o aceeași rețea ar funcționa cu neutrul izolat și, respectiv, cu neutrul legat la pămînt. În practică, factorul F are valori foarte apropiate de unitate. Ca exemplu vom cita cazul unei rețele subterane extinse și cu rezistență de izolație scăzută — avînd $C = 10^{-5}$ F, $R_{iz} = 10^4\ \Omega$ și $R_h = 10^3\Omega$ — la care $F = 0{,}99$.

În cazul rețelelor cu neutrul legat la pămînt, prevederile prescripției PE 119/1976 [15] reglementează practica lucrului sub tensiune. La aceste rețele, tensiunea maximă de lucru față de pămînt este de 250 V, ceea ce, în ipoteza de calcul $R_h = 1000\ \Omega$, înseamnă o limită superioară pentru curentul prin om, egală cu 250 mA. După cum s-a arătat, aceeași valoare maximă o poate avea și curentul prin om în cazul rețelelor cu neutrul izolat care funcționează la tensiunea de 380 V între faze.

Ca urmare, dacă sînt respectate prevederile impuse de prescripția PE 119/1976, condițiile de lucru sînt aceleași atît în rețelele cu neutrul legat la pămînt, cît și în rețelele cu neutrul izolat, numai dacă tensiunea lor de exploatare nu depășește 380 V între faze.

Conform relațiilor de mai sus, odată cu mărirea tensiunii de exploatare crește proporțional și valoarea curentului care s-ar putea închide prin om. Astfel, la rețelele cu neutrul izolat exploatate la 660 V sau, respectiv, 1140 V, curentul prin om poate atinge valori de ordinul 450 mA și respectiv 750 mA. În aceste condiții, lucrul sub tensiune ar impune măsuri de protecție suplimentare, ceea ce ar necesita cheltuieli suplimentare de investiții și de exploatare.

Ca urmare, atît în rețelele de 660 V cît și în cele de 1140 V, circuitele de comandă, control și de utilizări secundare — iluminat, încălziri etc. — rezultă indicat să fie alimentate cu tensiuni pînă la 380 V între faze.

3. Concluzii

3.1. Avînd în vedere tendința din numeroase alte țări și avantajele economice care ar putea fi obținute, a devenit indicat ca și în țara noastră să fie examinată problema normalizării treptei de 1140 V.

3.2. Concomitent — în cazul instalațiilor cu neutrul izolat — pentru categoria tensiunilor joase rezultă necesară înlocuirea limitei actuale de 1000 V cu un nou plafon, egal cu 1250 V.

Bibliografie

[1] Buhuș, P. *Studiu tehnico-economic privind reducerea pierderilor și mărirea siguranței în alimentarea cu energie electrică a sondelor din Schela Videle și din schelele petrolifere cu caracteristici similare.* Institutul politehnic București, 1978.

[2] Hartil, R. *Electrical concepts.* În: Mining Technology, 1977, 59, nr. 683, p. 345—346.

[3] Wallace, Ch. Kinsley. *Coal mining and electronic engineering.* În: Colliery Guardian, 1977, nr. 4, p. 187—198.

[4] Leather, R. G. *NCB maintenance meets special needs.* În: Electrical Times, 1976, nr. 4400, p. 14—15.

[5] Fretiakow, N. *Electrical engineering in French mining.* În: Mining Technology, 1977, 59, nr. 682, p. 293—303.

[6] Wagner, O. F. *Zehn Jahre Betriebserführung mit 1000 V bei der Saarbergwerke* A. G. În: Glückauf, 1975, 111, nr. 20, p. 959—965.

[7] * * * *Kabellose Stromversorgung am Kohlenstoss.* În: Fordern und Haben, 1978, 28, nr. 3, p. 189.

[8] Gebhart, L. *Past, present and future development of electrical engineering in the coal mining industry of the Federal Republic of Germany.* În: Mining Technology, 1977, 59, nr. 682, p. 293—303.

[9] Krasucki, Fl. ş.a. *Sposoby zasilania oddzialowych maszyn gornczych.* În: Wiadomasci electrotecniczne, 1977, 45, nr. 14, p. 369–371.

[10] Bikov, A. I. ş.a. *Primenenie napriajeniia 1140 V v sisteme elektrosnabjeniia şaht.* Moscova, TNII, 1973.

[11] Şkoliarenko, V. V. *O sovmestnom primenenie napriajenii 1140 V i 660 V na ocistnth uciastkah.* În: Ugol, 1974, nr. 5, p. 44–48.

[12] Plenev, A. I. ş.a. *Vzrivozaşcişcionaia transformatornaia podstanţtia s vtoricintm napriajeniem 1140 V.* În: Sbornik instituta rudnicinovo elektrooborudovaniia, 1976, p. 12–18.

[13] * * * STAS 8275/1978. *Protecţia împotriva electrocutărilor. Terminologie.*

[14] * * * *Norme republicane de protecţie a muncii.* 1975.

[15] * * * MEE.PE 119/1976. *Norme de protecţia muncii în instalaţiile electrice.* Bucureşti, ICEMENERG, 1976.

[16] * * * I 7/1974. *Normativ privind proiectarea şi executarea instalaţiilor electrice la consumatori cu tensiuni pînă la 1000 V.*

[17] * * * MEE.PE 101/1977. *Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV.* Bucureşti, ICEMENERG, 1977.

[18] STAS 6119/1978. *Instalaţii electrice de joasă tensiune. Instalaţii de legare la pămînt de protecţie.*

[19] STAS 7334/1978. *Instalaţii electrice de 1 kV şi peste 1 kV. Instalaţii de legare la pămînt de protecţie.*

[20] * * * STAS 2612/1972. *Protecţia împotriva electrocutărilor. Limite admise.*

(Articol intrat în redacţie la 30 ianuarie 1979)

Optimizarea construcţiei în clădire a staţiilor electrice de conexiuni de 110 kV în R.S.R.

Ing. B. Georgescu şi ing. P. Raşcu*)

1. Motivele realizării în clădire a staţiilor electrice de înaltă tensiune

1.1. *Staţii electrice în zone urbane*

Unul dintre cazurile cele mai frecvente care obligă realizarea staţiilor electrice în clădiri este execuţia acestora în zonele aglomerate ale marilor oraşe. Un prim motiv îl constituie economia de spaţiu ocupat. Acest lucru se datoreşte, pe de o parte, faptului că la dispunerea echipamentelor electrice în interior distanţele de izolare sînt de regulă cu circa 10% mai reduse decît în cazul montării lor în exterior, iar pe de altă parte faptului că dispoziţia în clădire permite o exploatare mai uşoară a instalaţiilor electrice, chiar şi în cazul dispunerii echipamentelor electrice pe mai multe nivele.

Reducerea suprafeţei de teren ocupate, respectiv a volumului destinat instalaţiei electrice, permite realizarea unor astfel de instalaţii chiar în spaţii obligate (în clădiri existente, în subsoluri sau în încăperi construite pentru alte destinaţii).

Realizarea staţiilor electrice de înaltă tensiune în clădiri în zonele urbane urmăreşte în acelaşi timp şi rezolvarea unor alte aspecte legate de:

— amortizarea zgomotelor produse în exploatare datorită comutării întreruptoarelor şi funcţionării transformatoarelor de putere;

— stăpînirea în condiţii mai bune a luptei împotriva unor eventuale incendii şi explozii la transformatoarele de putere, de tensiune şi de intensitate şi limitarea consecinţelor unor astfel de situaţii;

— amortizarea în condiţii mai favorabile a şocurilor mecanice produse de acţionarea aparatelor de comutaţie şi de vibraţiile transformatoarelor de putere;

— diminuarea impactului dintre aspectul industrial specific al instalaţiilor electrice de înaltă tensiune şi aspectul urbanistic al construcţiilor învecinate.

1.2. *Staţii electrice în zone industriale*

O altă situaţie din ce în ce mai frecventă, care obligă de asemenea realizarea staţiilor electrice în clădiri, o constituie necesitatea de a pătrunde cu transportul de energie de înaltă tensiune şi cu execuţia unor staţii de conexiuni şi transformare în apropierea centrului de greutate al consumatorilor situaţi de regulă pe mari platforme industriale.

În astfel de cazuri, staţiile de racord adînc, pe lîngă condiţia întîlnită şi la staţiile construite în zone urbane de a ocupa spaţii cît mai reduse, sînt în plus solicitate şi prin poluarea atmosferei cu produse mecanice (praf, fum, cenuşă etc.) sau chimice (gaze), care însoţesc într-un grad mai mic sau mai mare orice activitate industrială.

În cazul în care astfel de platforme industriale se situează în preajma unor zone cu umiditate ridicată (depresiuni, apropierea de mari rîuri, de litoralul marin), acţiunea poluării industriale poate fi mult accentuată, obligînd ca primă măsură protejarea instalaţiilor electrice în clădiri.

În afară de cele menţionate, pe platformele industriale care au în profilul de fabricaţie produse uşor incendiabile sau explozibile, introducerea instalaţiilor electrice de înaltă tensiune în clădire sau protejarea lor corespunzătoare faţă de instalaţiile vecine (prin blindarea părţilor sub înaltă tensiune) constituie soluţii obligatorii.

*) Bucur Georgescu este inginer principal III la ISPE; Paul Raşcu este inginer consilier la ISPE.

2. Staţii electrice de înaltă tensiune de tip interior

2.1. *Consideraţii generale*

Instalaţii electrice de înaltă tensiune dotate cu echipamente electrice clasice cu izolare externă în aer s-au executat de tip interior în diverse ţări, pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv, dar, cu excepţia staţiilor din seria 110 kV, care au păstrat o dispoziţie caracteristică, staţiile interioare cu tensiunea de 150—400 kV au constituit de fapt instalaţii de tip exterior acoperite cu construcţii uşoare (table ondulate pe schelet şi şarpante din profile metalice), avînd ca scop principal protecţia echipamentelor electrice împotriva pulberilor din atmosferă. Astfel de soluţii ocupă spaţii mari şi necesită construcţii costisitoare; din acest motiv staţii interioare la tensiuni superioare (peste 110 kV) se execută, în tehnica actuală, de regulă numai cu echipamente electrice blindate izolate în SF_6, la tensiunea de 110 kV existînd posibilitatea ca, pe baza unor calcule de eficienţă economică, să se adopte soluţia cu echipamente electrice clasice sau cu echipamente electrice izolate în SF_6.

O menţiune specială trebuie făcută cu privire la montarea marilor unităţi de transformare în astfel de staţii electrice. Montarea marilor transformatoare de putere în boxe complet închise s-a dovedit a fi o soluţie complicată şi costisitoare. Ţinînd seama că transformatorul de putere constituie o piesă cu fiabilitate ridicată, că zgomotul produs în funcţionare — în cazul în care acesta este dispus în aer liber, într-o curte interioară — se încadrează de regulă în nivelul fonic uzual al oraşelor (în cazuri speciale transformatorul poate fi acoperit cu pereţi antifonici sau cu deflectoare de zgomot), de faptul că vibraţiile mecanice produse în exploatare pot fi stăpînite prin realizarea unor fundaţii speciale şi că măsurile de combatere a incendiilor şi a urmărilor acestora la transformatoare sînt bine puse la punct, cînd nu există alte motive speciale transformatoarele de putere se dispun montate în aer liber, lîngă pereţii clădirii staţiilor de conexiuni interioare.

2.2. *Scheme electrice utilizate pentru staţiile electrice interioare de înaltă tensiune*

În principiu, staţiile electrice de înaltă tensiune montate în clădire pot avea aceleaşi scheme primare ca şi staţiile electrice de tip exterior. Totuşi, întrucît realizarea în interior a staţiilor electrice are drept consecinţă o creştere a fiabilităţii instalaţiei prin protejarea izolaţiei echipamentului electric împotriva acţiunii factorilor externi, este posibil ca în astfel de cazuri să se adopte scheme electrice mai simple şi deci mai economice decît în cazul staţiilor exterioare.

Acest aspect a fost materializat în cazul staţiei interioare de 110 kV de la Baia Mare (concepută în 1965), pentru care, deşi s-a proiectat o instalaţie cu bare colectoare duble şi bară de transfer pentru toate circuitele, în exploatare nu s-a mai realizat bara de transfer.

Ţinînd seama de cele menţionate, staţiile de tip interior de 110 kV, cu echipamente electrice uzuale realizate în R.S.R., au continuat să fie prevăzute cu schemă electrică cu bare colectoare duble, în cazuri speciale acestea putînd fi secţionate în lung cu întreruptoare.

Utilizarea echipamentelor electrice blindate izolate în SF_6, introducînd o nouă şi apreciabilă creştere a fiabilităţii instalaţiei, permite, chiar la tensiuni superioare, adoptarea unor scheme electrice mai simple, cu bară colectoare simplă secţionată în lung, cu bară colectoare simplă şi bară de transfer sau cu bare colectoare duble, din care una şi cu funcţie de bară de transfer, pentru cazurile în care staţia nu este asigurată prin mai multe căi de alimentare din reţea.

3. Dispoziţii constructive ale staţiilor electrice de 110 kV de tip interior în R.S.R.

3.1. *Dispoziţii constructive utilizate*

În concepţia dispoziţiei constructive a staţiilor electrice de 110 kV de tip interior realizate în R.S.R., se pot distinge patru perioade distincte, care au determinat execuţia a patru generaţii de astfel de staţii, bine individualizate între ele. În tabelul 1 se redau succint caracteristicile principale ale acestor staţii, sub raportul dispoziţiei constructive propriuzise, al echipamentului electric, al materialelor principale utilizate şi al unor aspecte de exploatare a acestor instalaţii.

3.2. *Evoluţia dispoziţiilor constructive adoptate*

Dispoziţiile constructive ale staţiilor în cele patru generaţii menţionate se înscriu pe o linie de progres şi ameliorări continue.

Generaţia I de staţii interioare de 110 kV, numeric slab reprezentată, înfăţişează concepţia anilor 1930—1940 în problemă, în timp ce generaţia II de staţii interioare, reprezentată printr-un număr mare de obiective realizate, a permis obţinerea unor învăţăminte deosebit de utile, care au stat la baza concepţiei staţiilor interioare din generaţia III.

Deşi au mai avut loc unele reveniri asupra unor soluţii anterioare ineficiente, staţiile interioare din generaţia II au marcat un progres de necontestat în evoluţia concepţiei staţiilor de 110 kV de tip interior.

Între aceste elemente de progres se menţionează următoarele:

— Simplificarea construcţiei clădirii staţiei prin renunţarea la suprapunerea staţiilor de

110 kV și 6÷10 kV și realizarea lor în două corpuri de clădire alăturate sau separate.

— Adoptarea construcției stațiilor de tip hală fără planșee orizontale separatoare între diverse nivele de montare a echipamentelor electrice.

— Adoptarea, în cele din urmă, a unui pas electric al celulei de 7 m (stația Tulcea-Feroaliaje) în cazul utilizării separatoarelor cu deschiderea laterală a cuțitelor, pentru a dispune de o toleranță mai mare pentru eventualele erori la execuția părții de construcție. În cazul adoptării unui pas al celulei de 6 m și al folosirii separatoarelor menționate, a fost necesară, în cazul stațiilor IMGB și Palas, căptușirea cu folii de material izolant a unor porțiuni de pereți și stîlpi.

— Montarea echipamentelor electrice grele pe profile metalice sudate la nivelul pardoselii pe plăcuțe metalice înglobate în beton și evitarea montării acestora pe socluri sau pe suporturi din beton armat centrifugat, evitînd astfel posibile erori de construcție și chiar permițînd o corijare la montaj a abaterilor de la proiect.

Prin aceasta se asigură și o mai mare ușurință la schimbarea acestor echipamente în exploatare și se reduce înălțimea clădirii stației.

— Dispunerea, de regulă, pe două șiruri a întreruptoarelor și a barelor colectoare duble, una în formă de U, ceea ce asigură obținerea unei instalații mai compacte și o clădire cu o lățime acceptabilă.

— Prevederea unor pereți separatori, pe o anumită înălțime, între celulele alăturate, asigurînd condiții mai bune de protecție a muncii.

— Adoptarea unor măsuri suplimentare pentru împiedicarea pătrunderii agenților poluanți exteriori și pentru evitarea condensărilor vaporilor de apă în clădirea stației, ceea ce duce la creșterea siguranței în funcționare a stațiilor.

— Montarea unităților de transformatoare în exterior și adoptarea racordului acestora la clădirea stației de medie tensiune în bare capsulate.

Stațiile interioare de 110 kV din generația III, aflate în prezent în execuție sau în proiectare și avînd la bază elementele de progres menționate, au continuat să includă, chiar la scurt interval de la apariția lor, ameliorări importante.

Ca factor comun, toate stațiile din această generație folosesc noul separator fabricat în țară, de tip semipantograf tip PHAF—123, cu deschiderea cuțitului principal în planul izolatoarelor proprii. Acest separator a permis adoptarea unei aceleiași lățimi de 6 m pentru pasul electric al celulei și pentru modulul de construcție, ceea ce a condus la o utilizare judicioasă a volumului clădirii. Acest fapt a permis mărirea gradului de prefabricare a clădirii stației și o reducere a duratei sale de execuție. Avantajele menționate pot fi mai bine apreciate în comparație cu dispoziția constructivă a stației Tulcea-Feroaliaje. În acest caz a fost adoptată o lățime de 7 m a pasului electric al celulei, care, față de modulul de construcție de 6 m, a impus ca întreaga instalație electrică interioară să fie montată pe un schelet metalic, complet independent de clădire, singurele puncte comune între acestea fiind izolatoarele de trecere spre exterior prin pereții clădirii. S-a ajuns astfel, în dispozițiile adoptate, la mari neuniformități de la celulă la celulă, la volume de clădire insuficient folosite și la un mare consum de metal.

Elemente de progres s-au înregistrat și la realizarea și fixarea barelor colectoare. La primele stații (Năvodari și Slatina) s-au utilizat bare colectoare executate din țevi de Al susținute pe izolatoare-suport la fiecare celulă, deci cu un mare număr de astfel de izolatoare, fiecare reprezentînd în sine o posibilitate de defectare.

La stația Călărași SRS nr. 1, barele colectoare s-au prevăzut a se realiza din țevi de aliaj de AlMg, cu rezistență mecanică mărită, suspendate de lanțuri de izolatoare în V, dispuse la fiecare două celule.

Ameliorări apreciabile s-au obținut la aceste trei lucrări în ceea ce privește partea de construcții. Astfel, din motive de protecție a muncii, pereții separatori dintre celule, prevăzuți pînă în dreptul spațiului destinat montajului barelor colectoare, au fost realizați, la stația Slatina, în întregime din sticlă armată montată pe profile metalice mici. La stația Călărași SRS nr. 1, pereții din sticlă armată s-au prevăzut pe o înălțime de 2,2 m și în rest din plasă de sîrmă, necesitînd o construcție de susținere mai ușoară și realizîndu-se o mai bună vizibilitate în clădire.

Tot astfel, în timp ce acoperișul clădirii la stația Năvodari a fost realizat din prefabricate de catalog tip b.c.a., susținute pe ferme metalice, la stația Slatina s-au utilizat grinzi prefabricate din beton armat precomprimat cu deschiderea de 18 m, iar la stația Călărași SRS nr. 1 s-a utilizat un acoperiș ușor din tablă cutată izolată termic, susținut de ferme metalice ușoare.

Stațiile interioare de 110 kV din generația IV prevăd utilizarea unui tip nou de echipament electric blindat izolat în SF_6, care se va putea livra curent de industria națională după anul 1980.

Datorită distanțelor de izolare cu mult mai mici necesare în acest caz, volumul ocupat de instalația electrică se reduce în mare măsură. Recomandările furnizorului de echipament sînt pentru montarea acestuia, într-o primă etapă, în clădire, atît pentru protecția împotriva agenților exteriori cît și pentru execuția lucrărilor de montare și întreținere curentă.

Instalația electrică capsulată separat pe fiecare fază în parte cuprinde echipamente cu performanțe superioare (întreruptoare cu autosuflaj de 7 GVA putere de rupere, transformatoare de tensiune inductive și de curent realizate direct pe carcasa circuitului), barele colectoare duble fiind dispuse alăturat și pe verticală. Pasul electric al celulei este de 2,1 m.

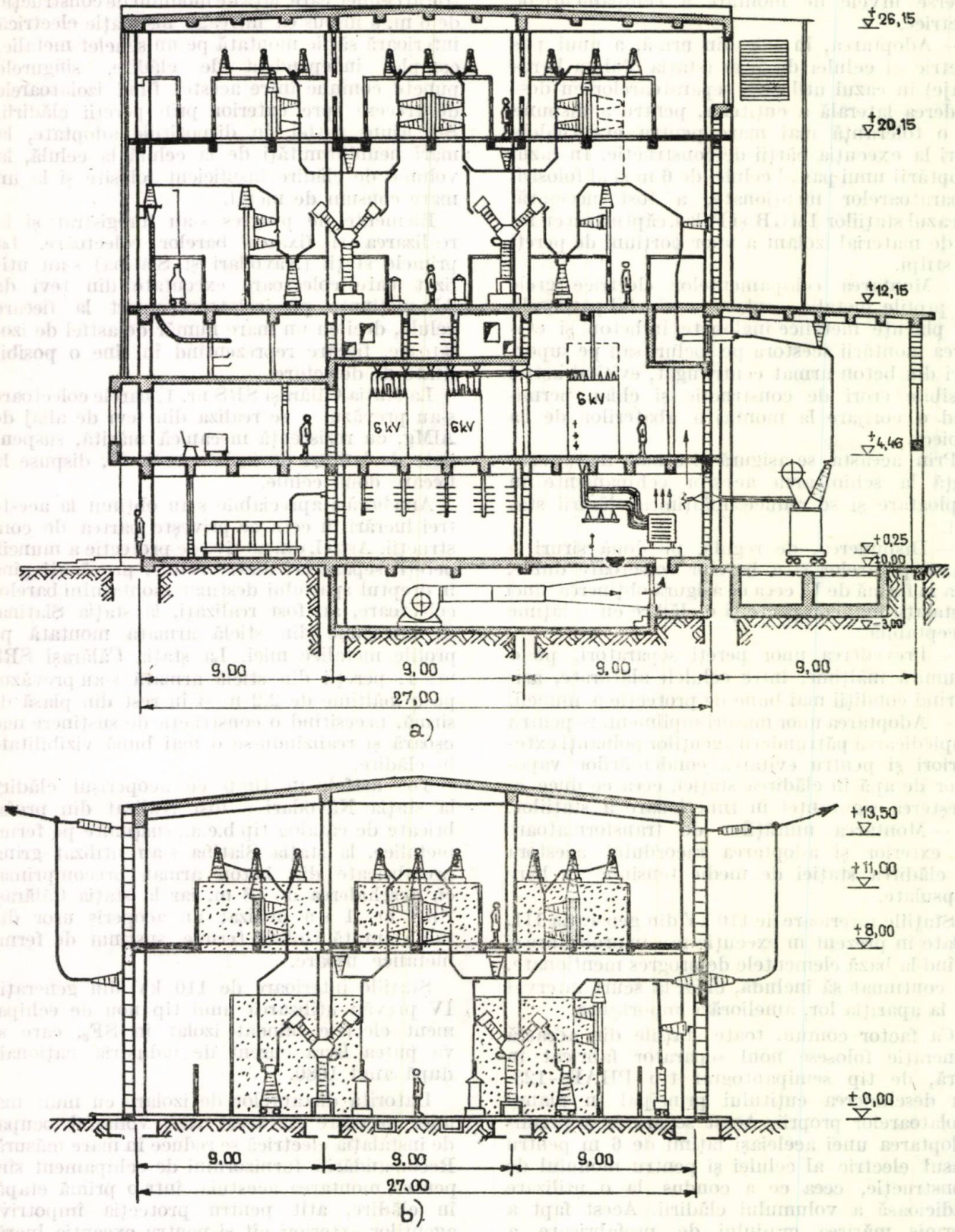
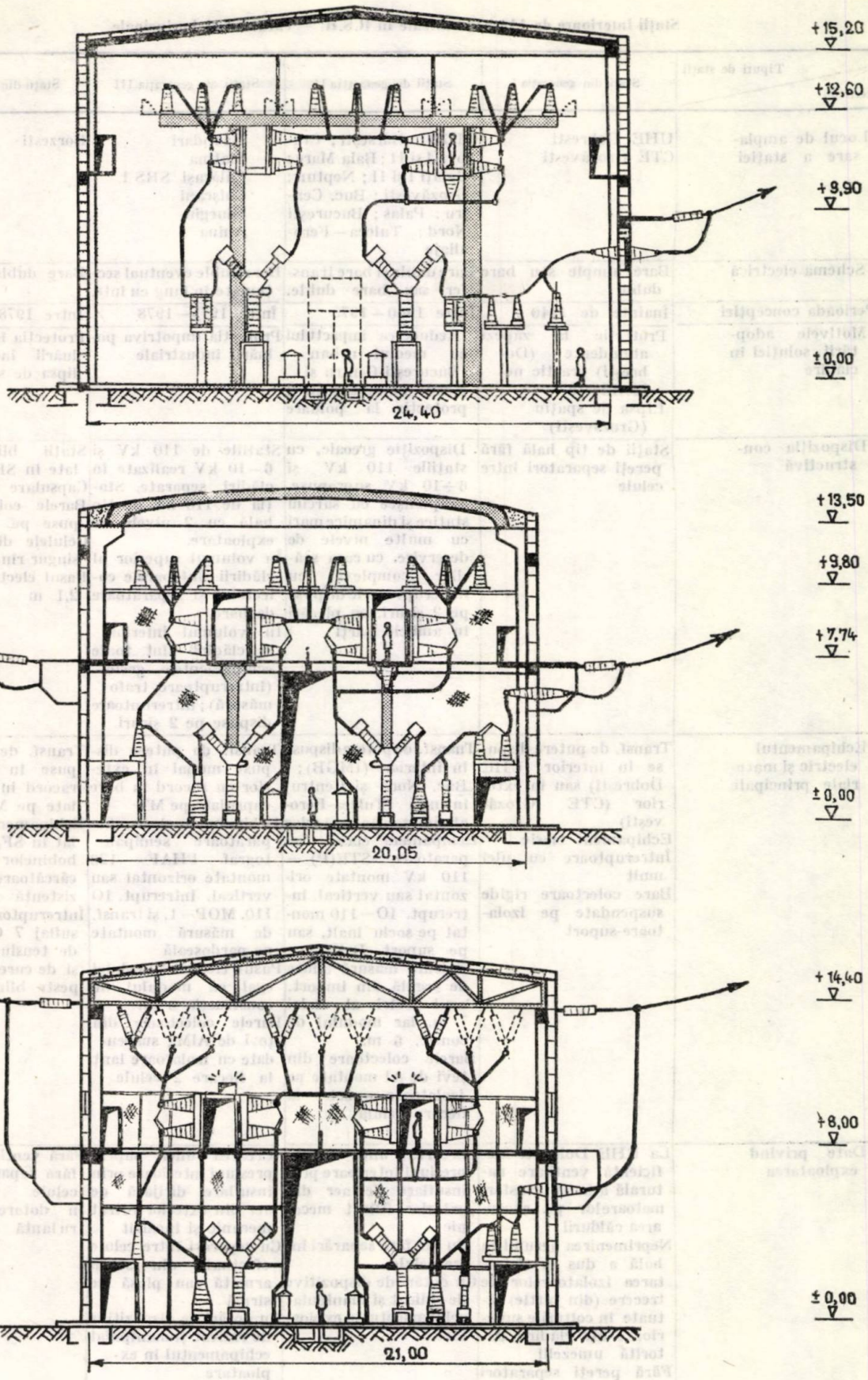


Fig. 1. Secțiuni prin stații interioare de 110 kV cu bare colectoare duble, cu două șiruri de întreruptoare, realizate în R.S.R.
a – IMGB; *b* – Palas.



c – Tulcea – Feroaliaje; *d* – SRA Slatina; *e* – Călărași SRS – 1.

Tabelul 1

Staţii interioare de 110 kV realizate în R.S.R. — caracteristici principale

Caracteristici \ Tipuri de staţii	Staţii din generaţia I	Staţii din generaţia II	Staţii din generaţia III	Staţii din generaţia IV
Locul de amplasare a staţiei	UHE Dobreşti CTE Grozăveşti	IMGB; Bârseşti; Craiova I şi II; Baia Mare; Galaţi I şi II; Neptun; Grozăveşti; Buc. Centru; Palas; Bucureşti Nord; Tulcea — Feroaliaje	Năvodari Slatina Călăraşi SRS 1 Chişcani Giurgiu Anina	Borzeşti
Schema electrică	Bare simple sau bare duble	Bare duble şi bare transfer sau bare duble.	Bare duble eventual secţionate în lung cu într.	Bare duble
Perioada concepţiei	Înainte de 1940	Între 1960 — 1975	Între 1975 — 1978	Între 1978 — 1980
Motivele adoptării soluţiei în clădire	Protecţie la zăpezi abundente (Dobreşti) practic nejustificată Lipsa de spaţiu (Grozăveşti)	Reducerea impactului cu mediul urban (Bucureşti-Centru şi Nord) în rest pentru protecţia la poluare	Protecţia împotriva poluării industriale	Protecţia împotriva poluării industriale şi lipsa de spaţiu
Dispoziţia constructivă	Staţii de tip hală fără pereţi separatori între celule	Dispoziţie greoaie, cu staţiile 110 kV şi 6÷10 kV suprapuse, cu planşee cu sarcini statice şi dinamice mari cu multe nivele de deservire, cu casa scărilor complexă, cu întreruptoarele dispuse pe 2 şiruri, cu plecări în ambele părţi	Staţiile de 110 kV şi 6—10 kV realizate în clădiri separate. Staţia de 110 kV de tip hală cu 2 nivele de exploatare. În volumul superior al clădirii sînt barele colectoare şi separatoare de bare. În volumul inferior al clădirii sînt toate echipamentele grele (întreruptoare, trafo măsură); întreruptoare dispuse pe 2 şiruri	Staţii blindate izolate în SF_6 Capsulare monofazată Barele colectoare dispuse pe verticală Celulele dispuse pe un singur rînd. Pasul electric al celulei 2,1 m
Echipamentul electric şi materiale principale	Transf. de putere dispuse în interior (UHE Dobreşti) sau în exterior (CTE Grozăveşti) Echipament clasic Întreruptoare cu ulei mult Bare colectoare rigide suspendate pe izolatoare-suport	Tnansf. de putere dispuse în interior (IMGB); Buc. Nord şi Centru) în nişă (Tulcea-Feroaliaje) sau în exterior Echipament clasic. Separatoare STE(P) — 110 kV montate orizontal sau vertical, întrerupt. IO — 110 montat pe soclu înalt, sau pe suport B.A.C. ca şi trafo măsură aduse de regulă din import. Pasul electric al celulei 7 m, iar modulul de constr. 6 m. Barele colectoare din ţevi de Al montate pe izolatoare-suport la fiecare celulă	Transf. de putere dispuse numai în exterior cu racord în bare capsulate pe MT Echipament clasic. Separatoare semipantograf PHAF — 123 montate orizontal sau vertical, întrerupt. IO 110, MOP — 1, şi transf. de măsură montate pe pardoseală Pasul electric al celulei egal cu modulul de construcţie 6 m. Barele colectoare din ţevi de AlMg suspendate cu izolatoare lanţ la fiecare 2 celule	Transf. de putere dispuse în exterior cu racord în bare capsulate pe M.T. Echipament blindat izolat în SF_6 cu excepţia bobinelor I.F. şi descărcătoarelelor cu rezistenţă variabilă Întreruptor cu autosuflaj 7 GVA, transf. de tensiune inductive şi de curent înfăşurate peste blindaj
Date privind exploatarea	La UHE Dobreşti ineficientă ventilare naturală a halei transformatoarelor pt. evacuarea căldurii Neprimenirea aerului în hală a dus la defectarea izolatoarelor de trecere (din hîrtie) situate în colţurile superioare ale clădirii, datorită umezelii Fără pereţi separatori între celule	Crearea unei supraresiuni interioare prin insuflare de aer din exterior filtrat mecanic Cu sau fără separări între celule Cu dotări de dispozitive de ridicat şi manipulat echipamentul în exploatare	Crearea unei supraresiuni interioare prin insuflare dirijată de aer din exterior filtrat mecanic şi încălzit Cu separări între celule efectuate din sticlă armată sau plasă de sîrmă Cu dotări de dispozitive de ridicat şi manipulat echipamentul în exploatare	Fără ventilarea halei şi fără separări între celule. În dotare o grindă rulantă

Staţiile blindate izolate în SF_6 reprezintă în prezent o tehnică de vîrf în care se afirmă şi industria românească, permiţînd obţinerea unor staţii interioare de 110 kV la nivel mondial.

4. Aspectele tehnico-economice ale staţiilor de tip interior de 110 kV proiectate de ISPE

4.1. *Evoluţia indicatorilor tehnico-economici*

Evoluţia staţiilor interioare de 110 kV, susţinută, pe de o parte, de ameliorarea treptată a concepţiei de proiectare şi, pe de altă parte, de execuţia în ţară a unor echipamente electrice cu performanţe din ce în ce mai ridicate, este materializată în indicatorii tehnico-economici determinaţi pentru staţiile interioare din generaţiile II, III şi IV (tabelul 2).

Tabelul 2

Indicatori tehnico economici pentru staţii 110 kV interioare (valori echivalente pentru o staţie cu 10 celule)

Indicatori	U.M.	Staţii gener. II (Tip Tulcea Feroaliaje)	Staţii gener. III (Tip Călăraşi SRS 1)	Staţii gener. IV (Tip Borzeşti)
Pasul electric al celulei	m	7	6	2,1
Modul de construcţie	m	6	6	6
Supraf. specifică ocupată	m²/cel.	105	76	26
Supraf. totală ocupată	m²	1 050	760	288
Volum specific construit	m³/cel.	1 640	1 100	220
Volum total construit	m³	16 400	11 000	2 400
Grad de prefabricare a clădirii	%	60	80	90
Durata de realizare a clădirii	luni	18	12	8
Costul total al clădirii	%	100	73	17
Costul echipamentului electric	%	100	105	250
Costul total al staţiei	%	100	83	90—155

Costul echipamentului electric capsulat izolat în SF_6 s-a echivalat pentru aceleaşi performanţe electrice.

4.2. *Aspecte economice*

Efectele economice ale introducerii noii concepţii de proiectare în construcţia staţiilor interioare de 110 kV în ţară sînt deosebit de semnificative. Calculele efectuate permit să se aprecieze economiile concrete ce se pot realiza la executarea unui prim grup de şase staţii de 110 kV interioare, trecînd de la dispoziţia constructivă a staţiilor din generaţia II a generaţia III.

Tabelul 3

Economii estimate la execuţia unui grup de 6 staţii interioare de 110 kV (Năvodari, Slatina, Călăraşi, Giurgiu, Chişeani, Anina)

Indicatori	U.M.	Dispoziţia staţiilor		Cantităţi economisite
		gener. II	gener. III	
Consum metal	t	1 470	1 062	408
Consum ciment	t	2 940	2 124	816
Manoperă pe şantier	mii ore	6 888	4 620	2 268
Cost de construcţii-montaj	mii lei	8 266	5 544	2 722
Suprafaţa ocupată	m²	14 700	10 640	4 060

În prezent nu este posibil să se aprecieze în mod real avantajele economice ale utilizării echipamentelor electrice blindate izolate în SF_6 fabricate în ţară întrucît nu se cunosc costurile definitive ale acestora, dar este cunoscut că pe plan mondial ele sînt superioare costului echipamentului electric clasic.

Desigur costurile lor vor scădea în timp, pe măsura creşterii producţiei de astfel de echipamente în ţară şi prin punerea la punct a procedeelor tehnologice de fabricaţie.

Concluzii şi recomandări

1. *Domeniul de utilizare a staţiilor electrice interioare de 110 kV în R.S.R.*

Costul încă apreciabil al echipamentelor electrice blindate izolate în SF_6 face ca numai în anumite cazuri să fie indicată construcţia acestora, încît staţiile interioare de 110 kV cu echipamente electrice clasice şi cele blindate izolate în SF_6 vor mai fi în competiţie încă o anumită perioadă de timp.

Experienţa de proiectare şi costurile diferitelor tipuri de staţii de 110 kV conduc, cel puţin pentru perioada anilor 1981—1985, la conturarea unor domenii de utilizare rezumate în tabelul 4.

Alegerea tipului de staţie şi măsurile de aplicat pot fi rezultatul unor condiţii puse simultan de disponibilitatea de teren şi de poluarea zonei, dar ele pot fi impuse şi numai de o singură condiţie dintre cele menţionate, în cazul în care aceasta se pune imperios.

2. *Tendinţe în realizarea staţiilor electrice de tip interior de 110 kV în R.S.R.*

În domeniul staţiilor interioare de 110 kV cu echipamente electrice cu izolaţie externă

Tabelul 4

Recomandări cu privire la domeniile de utilizare a stațiilor de 110 kV

Grupa	Condiții pe amplasamentul stației	Tipul stației utilizate	Măsuri recomandate
A	Condiții neîngrădite de terenul disponibil — Fără poluare (gr. I)	Stații exterioare Echipament electric clasic	Linie de fugă normală a izolației
B	Condiții normale de teren disponibil — Poluare mecanică redusă, prin fum, praf, cenușă (gr. II)	Stații exterioare Echipament electric clasic	Linie de fugă normală Curățire periodică a izolației (0,5 ÷ 1 ori/an)
C	Condiții dificile de teren disponibil — Poluare mecanică intensă (gr. III)	Stații exterioare Echipament electric clasic	Linie de fugă mărită (minim 2,1 cm/kV), curățirea și ungerea izolației periodic (1—2 ori/an)
D	Condiții grele de teren disponibil — Poluare mecanică f. mare (gr. IV)	Stații interioare Echipament electric clasic	Linie de fugă normală Suprapresiune în clădire Filtrare mecanică a aerului Ventilare dirijată în clădire Încălzirea aerului
E	Condiții grele de teren disponibil — Poluare cu gaze (fluor)	Stații interioare Echipament electric blindat izolat în SF_6	Clădire etanșă realizată din materiale ușoare

în aer, mai sînt posibile de obținut o serie de ameliorări prin :

— adoptarea acționării electrice a cuțitelor separatorului semipantograf, renunțînd astfel la prevederea instalațiilor de producere a aerului comprimat și la importul dispozitivelor de comandă centralizată pe celulă (tip Cottbus). Acest lucru este avut în vedere la IEPC ;

— ținînd seama că acționarea cuțitului principal al separatorului semipantograf nu dă șocuri la comutare în coloana izolatoare care nu posedă articulație, este posibil de înlocuit acest izolator cu un transformator de măsură care are prevăzut pe o bornă un contact corespunzător de separator. Un astfel de aparat a fost creat de unii constructori de echipamente pînă la foarte înaltă tensiune (ex. Magrini—Italia) și ar putea reduce dimensiunile clădirii în mod apreciabil ;

— o combinație de dispoziție cu echipamente electrice uzuale și separatoare-pantograf ar putea aduce de asemenea ameliorări importante în construcția stațiilor interioare.

În domeniul echipamentelor electrice de 110 kV capsulate izolate în SF_6, o serie de ameliorări s-ar putea obține prin :

— realizarea echipamentelor electrice actuale pentru montare directă în exterior și renunțarea la clădirea stației ;

— trecerea la capsularea trifazată a întregului echipament din celulă și a barelor colectoare ar conduce la spații ocupate mici, pasul celulei de 110 kV reducîndu-se la 1,4 m. Furnizorii străini apreciază că simultan cu reducerea volumului ocupat se va obține și o scădere cu circa 30 % a costului pe celulă.

În final se menționează că reducerea costului instalațiilor capsulate izolate în SF_6 va mări domeniul lor de utilizare, în detrimentul stațiilor electrice interioare realizate cu echipamente electrice clasice.

(Articol intrat în redacție la 15 ianuarie 1979)

Considerații privind erorile de conexiune ale circuitelor secundare de curent

Ing. **Z. Lokodi**
și ing. **I. Kerekes***)

1. Generalități

Legarea corectă a aparatelor de măsură prezintă importanță deosebită avînd în vedere faptul că greșelile de conexiune conduc la erori de înregistrare ce depășesc cu mult clasa de precizie a aparatelor, denaturînd substanțial mărimile electrice urmărite.

În cazul aparatelor de protecție, legăturile greșite au consecințe și mai grave, cauzînd acționări false nedorite.

Erorile de conexiune se datoresc în primul rînd unor greșeli de montaj (crearea neconcordanței între bornele transformatoarelor de măsură și bornele aparatului prin inversarea legăturilor circuitelor secundare, nerespectarea polarității la racordarea în circuitul primar al transformatoarelor de măsură), sau — mai rar — ca urmare a unor deficiențe de fabricație ascunse (marcarea greșită a bornelor).

Prin identificarea riguroasă (fir cu fir) a legăturilor se pot preîntîmpina asemenea erori (mai puțin cele ascunse) încă în prima fază de montaj. Din practică rezultă însă că probabilitatea de a comite erori de conexiuni nu poate fi neglijată, fiind necesară certificarea corectitudinii montajului realizat, atît la punere în funcțiune cît și cu ocazia unor modificări efectuate în instalațiile primare sau secundare.

Riscul unor greșeli de conexiune în afara nivelului de calificare a personalului executant sau de întreținere poate fi influențat și de cauze de ordin subiectiv; hotărîtor este însă complexitatea circuitelor secundare.

În cele ce urmează se schițează principiile de bază ale unei metodologii de verificare indirecte, care — eliminînd tatonările și subiectivismul în interpretare — garantează depistarea certă a oricăror greșeli de montaj, în vederea eliminării lor.

Metoda servește la reconstituirea, corectarea (dacă este cazul) și atestarea corectitudinii conexiunilor verificate ale aparatelor de măsură și de protecție în toate cazurile în care este posibilă ridicarea diagramei fazoriale a tensiunilor și curenților.

2. Varietatea greșelilor de montaj

Numărul erorilor de conexiune este determinat de posibilitățile de schimbare între ele a legăturilor la bornele aparatelor.

Ne propunem să stabilim numărul variantelor de legături posibile la acele aparate a căror schemă de funcționare are la bază principiul legării celor două wattmetre monofazate pentru măsurarea puterii trifazate (fig. 1), și anume:

— aparate de măsură trifazate cu două sisteme active, cum sînt contoarele de energie activă

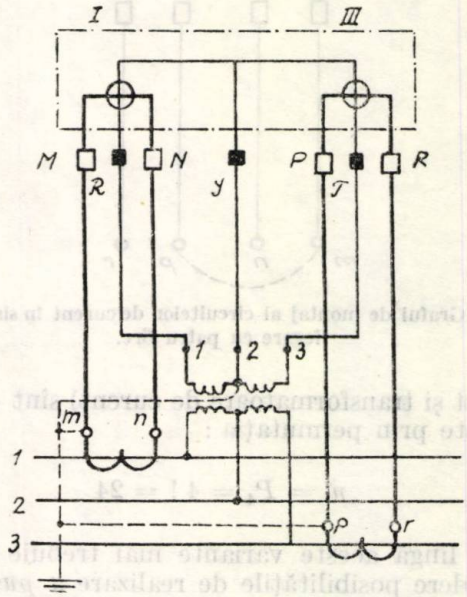


Fig. 1. Schema de conexiuni a aparatelor cu două sisteme wattmetrice.

și reactivă, wattmetrele și varmetrele indicatoare și înregistratoare;

— relee direcționale de putere din schemele protecției de curent direcționale bifazate.

Pentru simplificare, din schema de conexiuni reținem numai legăturile exterioare (între bornele aparatelor și transformatoarelor de măsură, respectiv între bornele aceluiași aparat), obținînd astfel *graful de montaj* al circuitelor secundare.

Variantele de legare a circuitelor de tensiune (fig. 2) sînt determinate de posibilitățile de

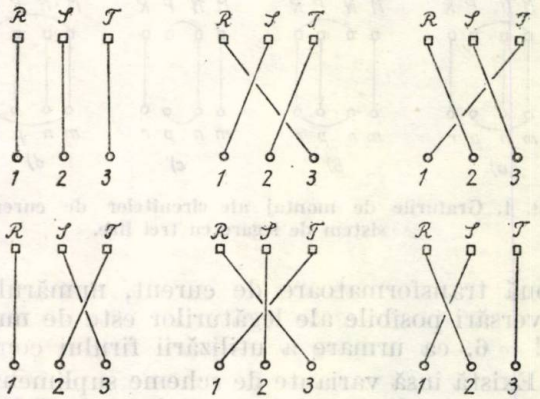


Fig. 2. Grafurile de montaj posibile ale circuitelor de tensiune.

împerechere a bornelor aparatului ($\mathcal{R}$, $\mathcal{S}$, $\mathcal{T}$) și a transformatoarelor de tensiune (1, 2, 3), numărul cazurilor fiind dat de permutația:

$$N_u = P_3 = 3! = 6 \qquad (1)$$

* Autorii lucrează la IRE Tg. Mureș.

La circuitele de curent, numărul variantelor de legare depinde de sistemul de montaj. La *sisteme de montaj cu patru fire* (fig. 3) variantele de racordare a legăturilor (între

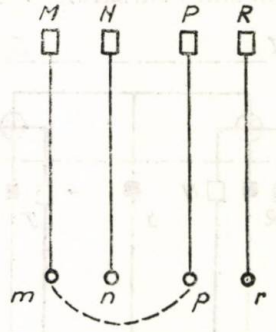


Fig. 3. Graful de montaj al circuitelor de curent în sistem de legare cu patru fire.

aparat şi transformatoare de curent) sînt caracterizate prin permutaţia :

$$n_t = P_4 = 4\,! = 24 \qquad (2)$$

Pe lîngă aceste variante mai trebuie avute în vedere posibilităţile de realizare a *punţii la transformatoare*, legătură galvanică ce se creează în mod inerent, prin racordarea la priza de legare la pămînt de protecţie a circuitelor secundare de curent.

Numărul cazurilor este dat de combinaţiile posibile de împerechere a bornelor transformatoarelor de curent, mai puţin situaţiile de şuntare a celor două înfăşurări secundare, adică :

$$n_t = C_4^2 - 2 = 4 \qquad (3)$$

La *sisteme de montaj cu trei fire* (fig. 4), realizate prin legarea în stea incompletă a celor

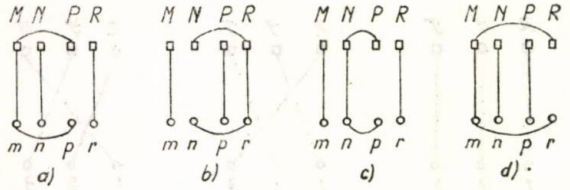


Fig. 4. Grafurile de montaj ale circuitelor de curent în sistem de legare cu trei fire.

două transformatoare de curent, numărul de inversări posibile ale legăturilor este de numai $3\,! = 6$, ca urmare a utilizării firului comun.

Există însă variante de scheme suplimentare ca urmare a legăturii de punte între două borne ale aparatului, aparţinînd sistemelor active diferite.

Numărul tipurilor de *punte la aparat* (n_a), cît şi al tipurilor de *punte la transformatoare* (n_t) este acelaşi, exprimat prin relaţia (3). De remarcat este faptul că la sisteme de montaj cu trei fire puntea la transformatoare are rol funcţional, făcînd parte integrantă din circuitul curenţilor de lucru.

Sintetizînd aceste consideraţii, variantele posibile de scheme de conexiuni rezultă numeric din tabelul 1.

Tabelul 1

Variantele posibile ale schemelor de conexiuni la aparate cu două sisteme wattmetrice

Elementele componente ale circuitelor secundare		Simbol	Varietatea schemelor de conexiuni — Număr de variante	
			Sistem de montaj cu trei fire	Sistem de montaj cu patru fire
Circuite de tensiune		N_u	6	
Circuite de curent	Legături	n_l	6	24
	Punte la TC	n_t	4	
	Punte la aparat	n_a	4	—
	Circuite de curent	$N_i = n_l \times n_t \times n_a$	96	
Ansamblul circuitelor secundare		$N = N_u \times N_i$	576	

Grafurile de montaj ale variantelor posibile de legare a circuitelor de curent sînt prezentate în lucrarea [2].

3. Consecinţele erorilor de conexiune

Pentru simplitate să analizăm numai variantele de scheme determinate de inversarea legăturilor ce se pot produce în circuitele de curent.

Se utilizează notaţiile :

I_1, I_3 — curenţii secundari ai transformatoarelor de curent montate pe fazele 1 şi 3 ale instalaţiei trifazate;

I_I, I_{III} — curenţii de acţionare care circulă în bobinele ampermetrice ale sistemelor active I şi III.

Este evident că, la orice variantă a legăturilor, în sistemul activ al aparatului în montaj wattmetric, poate circula numai unul din curenţii I_1, I_3, $-I_1$, $-I_3$ sau o combinaţie geometrică a acestora.

Variantele posibile ale fazorilor curenţilor de acţionare sînt reprezentate în figura 5.

Ca urmare a erorii de conexiune, cuplul de acţionare real al sistemelor wattmetrice diferă mai mult sau mai puţin de cel corespunzător schemei corecte, funcţie de varianta de legături. Efectul greşelii de montaj se poate exprima matematic prin coeficientul de corecţie :

$$K = \frac{M}{M_c}, \qquad (4)$$

unde

M este cuplul de acţionare în cazul montajului corect;

M_e — cuplul de acţionare dezvoltat în cazul montajului eronat.

În cazul aparatelor de măsură, coeficientul k reprezintă factorul de corecţie cu care trebuie

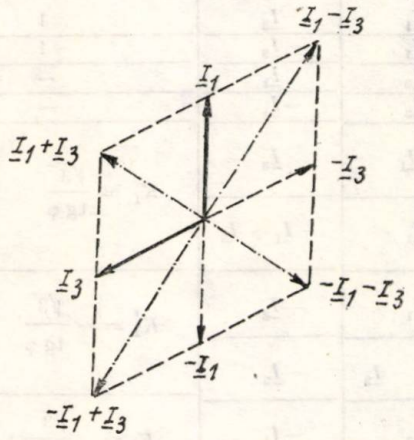


Fig. 5. Variantele posibile ale fazorilor curenţilor de acţionare la circuite secundare de curent bifazate.

înmulţită indicaţia instrumentului pentru a obţine valoarea corectă a mărimii electrice urmărite (în situaţia în care este posibilă introducerea corecţiei).

La wattmetre şi contoare de energie activă funcţionînd în regim de încărcare echilibrată ($I_1 = I_2 = I_3$; $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$), valoarea coeficienţilor de corecţie se determină cu relaţiile cuprinse în tabelul 2.

Se observă că în majoritatea cazurilor valoarea coeficientului k este o funcţie a unghiului de defazaj φ, iar în unele situaţii nu se poate face corecţie (eroarea de conexiune avînd ca efect staţionarea echipajului mobil).

4. Căi de depistare

Probabilitatea ca o eventuală greşeală de legare a circuitelor secundare să rămînă neobservată în timpul funcţionării depinde în primul rînd de natura erorii de conexiune, precum şi de valoarea unghiului de defazaj.

Desigur, se pune în evidenţă imediat existenţa greşelii cînd echipajul mobil al aparatului staţionează, deşi instalaţia primară este în funcţiune, sub sarcină.

Pentru celelalte cazuri este edificator să analizăm diagramele de variaţie ale coeficienţilor de corecţie k, prezentate în figura 6.

Rezultă evident că nu pot trece neobservate acele erori care, în domeniul unghiurilor de defazaj uzuale, conduc la tendinţa de mişcare în sens invers a echipajului mobil, faţă de cel corespunzător sensului de vehiculare a energiei electrice din circuitele primare (de exemplu cazurile corespunzătoare coeficienţilor k_1' şi k_2' la orice încărcare inductivă).

În majoritatea situaţiilor însă, şi mai ales dacă nu cunoaştem unghiul de defazaj, indicaţiile aparatului nu dezvăluie o eventuală eroare de conexiune. Pot da eventual de bănuit acele cazuri în care indicaţia aparatului diferă mult de cel aşteptat în baza unor informaţii de control sau de bilanţ.

Cele mai derutante în acest sens pot fi considerate situaţiile în care coeficientul de corecţie are valoare apropiată de unitate (de exemplu k_3 în jurul unghiului de defazaj $\varphi = 30°$, sau k_5 în jurul valorii $\varphi = 0$, etc.).

Avînd în vedere consecinţele grave pe care le pot genera eventualele erori de conexiune, este necesar ca probele efectuate înaintea punerii în funcţiune a circuitelor secundare prin metode directe (de exemplu prin sunare sau urmărire vizuală) să fie dublate cu verificări suplimentare în timpul funcţionării, eliminînd astfel orice posibilitate de interpretare subiectivă.

Desigur, posibilităţile de identificare fir cu fir a conductoarelor sînt extrem de limitate, datorită inaccesibilităţii pe care o comportă instalaţia primară aflată sub tensiune, şi ca urmare a amplasării în locuri (încăperi, celule) diferite a aparatelor şi a transformatoarelor de măsură; de asemenea, practic nu pot fi depistate în mod direct erorile ascunse.

De aceea se preferă aplicarea metodei de verificare bazate pe interpretarea diagramei fazoriale a tensiunilor şi curenţilor, care prezintă următoarele avantaje principale:

— utilizînd mărimi electrice prelevate din circuitele secundare, presupune menţinerea sub sarcină a circuitelor primare şi nu implică deci întreruperea alimentării cu energie electrică a consumatorilor;

— nefiind necesare intervenţii în instalaţiile sub tensiune (MT sau IT), verificarea nu este legată de programul altor lucrări de întreţinere;

— prin prezentarea grafică a mărimilor electrice, oferă informaţii multiple şi conferă acţiunii de verificare un caracter instructiv-intuitiv.

5. Principii noi de verificare

Verificarea schemei de legare cu ajutorul diagramei fazoriale se bazează pe corelaţia, mai mult sau mai puţin perceptibilă, între imaginea geometrică caracteristică a diagramei şi schema de conexiuni. În procesul de interpretare se pot distinge două faze:

— identificarea curenţilor de acţionare pe baza datelor geometrice ale diagramei şi

— reconstituirea schemei de legături care determină circulaţia curenţilor de acţionare identificaţi.

Odată reconstituită schema de legare din instalaţie, corectarea — dacă este cazul — se

Coeficienții de corecție ai aparatelor cu două sisteme wattmetrice pentru variantele de legare a circuitelor de curent bifazat în sistem de montaj cu trei fire*)

Nr. crt.	Punte la aparat tip 1 (MP) și 2(NR)			Punte la aparat tip 3 (NP) și 4(MR)		
	Curenții de acționare		Coeficientul de corecție K	Curenții de acționare		Coeficientul de corecție K
	$\underline{I}_I$	$\underline{I}_{III}$		$\underline{I}_I$	$\underline{I}_{III}$	
1	$\underline{I}_1$	$\underline{I}_3$	1	$\underline{I}_1$	$\underline{I}_3$	1
2	$-\underline{I}_1$	$-\underline{I}_3$	-1	$-\underline{I}_1$	$-\underline{I}_3$	-1
3	$\underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	—	$\underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	—
4	$-\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	—	$-\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	—
5	$-\underline{I}_1$	$\underline{I}_3$	$K_1 = \dfrac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_1$	$\underline{I}_3$	$K_1 = \dfrac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$
6	$\underline{I}_1$	$-\underline{I}_3$	$K_1' = -\dfrac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_1$	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	
7	$\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	$K_2 = \dfrac{\sqrt{3}}{2\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$\underline{I}_1$	$-\underline{I}_3$	$K_1' = -\dfrac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$
8	$-\underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	$K_2' = -\dfrac{\sqrt{3}}{2\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$-\underline{I}_3$	
9	$\underline{I}_1$	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	—	$\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	$K_2 = \dfrac{\sqrt{3}}{2\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
10	$-\underline{I}_1$	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	—	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$\underline{I}_3$	
11	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$\underline{I}_3$	—	$-\underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	$K_2' = -\dfrac{\sqrt{3}}{2\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
12	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$-\underline{I}_3$	—	$\underline{I}_1$	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	
13	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	$K_3 = \dfrac{2}{1+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$\underline{I}_3$	$K_5 = \dfrac{3}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
14	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	$K_3' = -\dfrac{2}{1+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$-\underline{I}_3$	$K_5' = -\dfrac{3}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
15	$\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$K_4 = \dfrac{2}{-1+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_1$	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$K_6 = \dfrac{3}{-3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
16	$-\underline{I}_3$	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$K_4' = \dfrac{2}{1-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$\underline{I}_1$	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$K_6' = \dfrac{3}{3-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
17	$\underline{I}_1$	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$K_5 = \dfrac{3}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	I_3	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$K_7 = \dfrac{6}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
18	$-\underline{I}_1$	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$K_5' = -\dfrac{3}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$K_7' = -\dfrac{6}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
19	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$-\underline{I}_3$	$K_6 = \dfrac{3}{-3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	$K_8 = \dfrac{6}{-3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
20	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$\underline{I}_3$	$K_6' = \dfrac{3}{3-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	$K_8' = \dfrac{6}{3-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
21	$-\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$K_7 = \dfrac{6}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$\underline{I}_3$	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$K_9 = \dfrac{6}{3+5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
22	$\underline{I}_3$	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$K_7' = -\dfrac{6}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_3$	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$K_9' = -\dfrac{6}{3+5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
23	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	$K_8 = \dfrac{6}{-3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$-\underline{I}_1 + \underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	$K_{10} = \dfrac{6}{-3+5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$
24	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$-\underline{I}_1$	$K_8' = \dfrac{6}{3-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$	$\underline{I}_1 - \underline{I}_3$	$\underline{I}_1$	$K_{10}' = \dfrac{6}{3-5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

* *Observație.* Sistemul de tensiuni este aplicat corect la bornele aparatului wattmetric.

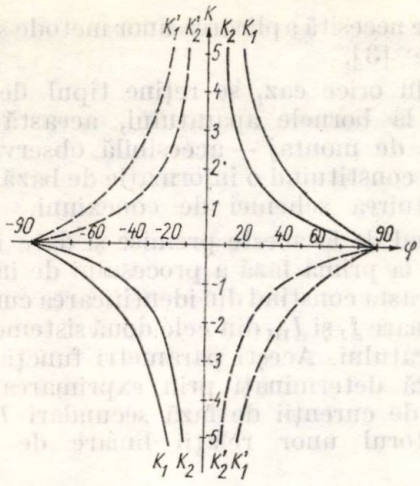


Fig. 6 a: $K_1 = \frac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$; $K_1' = -\frac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$

$K_2 = \frac{\sqrt{3}}{2\operatorname{tg}\varphi}$; $K_2' = -\frac{\sqrt{3}}{2\operatorname{tg}\varphi}$

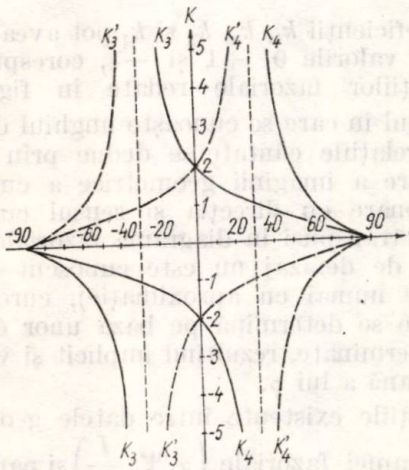


Fig. 6 b: $K_3 = \frac{2}{1+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_3' = -\frac{2}{1+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

$K_4 = \frac{2}{-1+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_4' = -\frac{2}{1-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

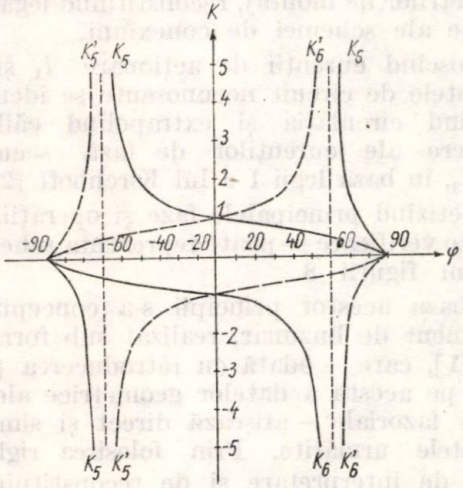


Fig. 6 c: $K_5 = \frac{3}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_5' = -\frac{3}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

$K_6 = \frac{3}{-3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_6' = -\frac{3}{3-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

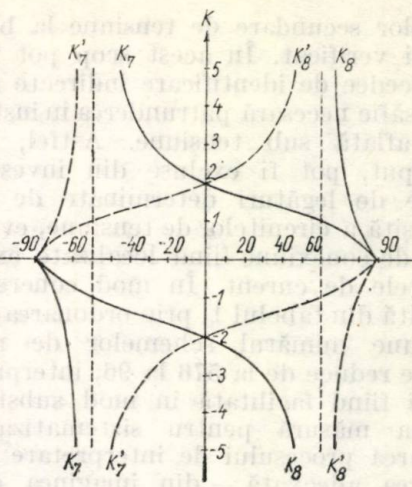


Fig. 6 d: $K_7 = \frac{6}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_7' = -\frac{6}{3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

$K_8 = \frac{6}{-3+\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_8' = -\frac{6}{3-\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

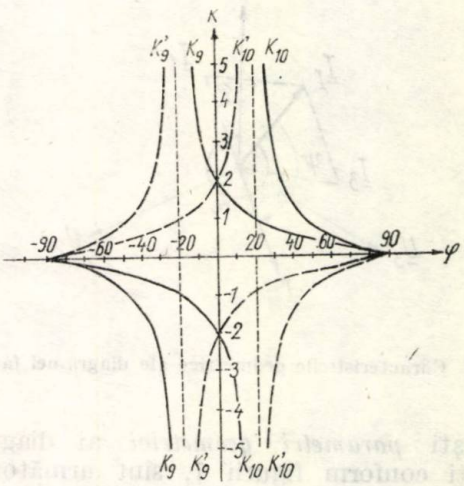


Fig. 6 e: $K_9 = \frac{6}{3+5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_9' = -\frac{6}{3+5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

$K_{10} = \frac{6}{-3+5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$; $K_{10}' = -\frac{6}{3-5\sqrt{3}\cdot\operatorname{tg}\varphi}$

Fig. 6. Diagramele de variaţie ale coeficienţilor de corecţie K în funcţie de unghiul de defazaj φ.

efectuează în baza comparării ei cu schema corectă, prin modificarea corespunzătoare a legăturilor la bornele aparatului.

Avînd în vedere varietatea şi complexitatea situaţiilor posibile, analiza diagramei este susceptibilă de interpretări subiective, care pot duce la concluzii greşite. De aceea se impune aplicarea unei metodologii general valabile şi a unui sistem de lucru eliminatoriu, care să canalizeze în mod riguros procesul de rezolvare spre calea cea mai adecvată situaţiei practice date.

Ca primă măsură în acest sens, se asigură concordanţa strictă a sistemului de tensiuni secundare, folosit ca sistem de referinţă, cu fazele circuitului primar.

În vederea respectării acestei condiţii, măsurările necesare ridicării diagramei fazoriale se efectuează cu prealabila verificare şi ordonare

a circuitelor secundare de tensiune la bornele aparatului verificat. În acest scop pot fi utilizate procedee de identificare indirecte simple [2], fără să fie necesară pătrunderea în instalația primară aflată sub tensiune. Astfel, de la bun început, pot fi excluse din investigație variantele de legături determinate de racordarea greșită a circuitelor de tensiune, eventualele erori de conexiune fiind localizate exclusiv în circuitele de curent. În mod concret, așa cum rezultă din tabelul 1, prin ordonarea firelor de tensiune numărul schemelor de montaj posibile se reduce de la 576 la 96, interpretarea diagramei fiind facilitată în mod substanțial.

A doua măsură pentru sistematizarea și simplificarea procesului de interpretare constă în alegerea adecvată — din imaginea diagramei — a acelor date geometrice care caracterizează în mod univoc schema funcțională, putînd servi astfel la identificarea certă a ei.

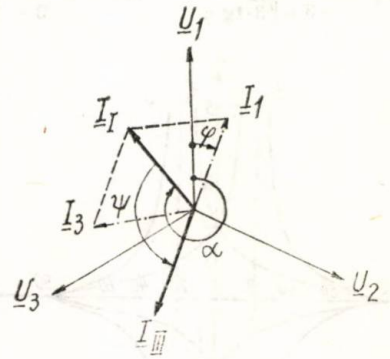


Fig. 7. Caracteristicile geometrice ale diagramei fazoriale.

Acești *parametri geometrici* ai diagramei, definiți conform figurii 7, sînt următorii:

— *unghiul de poziție* α al vectorului $\underline{I}_I$ (curentul de acționare din primul sistem activ), socotit în sens orar față de vectorul $\underline{U}_1$ (tensiunea fazei 1);

— *unghiul de decalaj* Ψ al vectorului $\underline{I}_{III}$ (curentul de acționare din cel de-al doilea sistem activ), măsurat în sens direct față de vectorul $\underline{I}_I$ (în cazul încărcării echilibrate valoarea lui Ψ rezultă egală cu un multiplu întreg bine determinat al unghiului de 30°);

— *raportul curenților de acționare* $\frac{I_I}{I_{III}}$, stabilit grafic prin compararea modulelor vectorilor din diagramă, putînd avea valorile 1, $\sqrt{3}$ sau $\frac{1}{\sqrt{3}}$.

În afara acestor date, la sisteme de montaj cu trei fire, este utilă cunoașterea valorii orientative a unghiului de defazaj Ψ (apreciat după natura sarcinii). În anumite cazuri particulare, lipsa acestei informații preliminare poate duce la situații de nedeterminare, a căror rezolvare necesită aplicarea unor metode speciale adecvate [3].

Dar, în orice caz, se reține tipul de punte realizat la bornele aparatului, această caracteristică de montaj — accesibilă observării vizuale — constituind o informație de bază pentru reconstituirea schemei de conexiuni.

Pornind de la aceste premise și date inițiale, se trece la prima fază a procesului de interpretare, aceasta constînd din identificarea curenților de acționare $\underline{I}_I$ și $\underline{I}_{III}$ din cele două sisteme active ale aparatului. Acești parametri funcționali se consideră determinați prin exprimarea lor în funcție de curenții de fază secundari $\underline{I}_1$ și $\underline{I}_3$, cu ajutorul unor relații liniare de forma:

$$\underline{I}_I = k_1 \underline{I}_1 + k_2 \cdot \underline{I}_3$$
$$\underline{I}_{III} = k_3 \cdot \underline{I}_1 + k_4 \cdot \underline{I}_3 \qquad (5)$$

unde coeficienții k_1, k_2, k_3 și k_4 pot avea fiecare una din valorile 0, +1 și −1, corespunzător combinațiilor fazoriale redate în figura 5.

În cazul în care se cunoaște unghiul de defazaj φ, relațiile căutate se deduc prin simpla comparare a imaginii geometrice a curenților de acționare cu direcția și sensul curenților de fază, transpuși în diagrama fazorială. Dacă unghiul de defazaj nu este cunoscut (sau se cunoaște numai cu aproximație), curenții de acționare se determină pe baza unor corelații bine determinate, rezultînd implicit și valoarea momentană a lui φ.

Corelațiile existente între datele geometrice ale diagramei fazoriale $\left(\alpha, \Psi, \frac{I}{I_{III}}\right)$ și parametrii funcționali ai schemei de conexiuni ($\underline{I}_I$, $\underline{I}_{III}$ și φ) sînt specifice fiecărui sistem de montaj (cu trei, respectiv cu patru fire).

În a doua fază se procedează la determinarea parametrilor de montaj, reconstituind legăturile ascunse ale schemei de conexiuni.

Cunoscînd curenții de acționare $\underline{I}_I$ și $\underline{I}_{III}$, elementele de circuit necunoscute se identifică analizînd circulația și extrapolînd căile de închidere ale curenților de fază secundari $\underline{I}_1$ și $\underline{I}_3$, în baza legii I a lui Kirchhoff [2].

Sintetizînd principalele faze și operații, procesul de verificare se poate reprezenta schematic conform figurii 8.

În baza acestor principii s-a conceput un instrument de buzunar, realizat sub formă de riglă [1], care — odată cu introducerea (reperarea) pe acesta a datelor geometrice ale diagramei fazoriale — afișează direct și simultan rezultatele urmărite. Prin folosirea riglei ca mijloc de interpretare și de reconstituire, se obțin — prin citire directă — atît parametrii

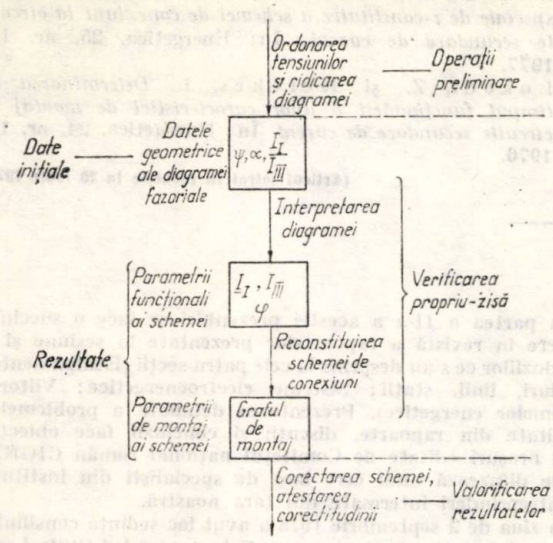


Fig. 8. Schema principială a procesului de verificare.

funcționali, cît și caracteristicile de montaj ale schemei de conexiuni.

Pe fața reiglei (fig. 9) se afișează expresia fazorială a curenților de acționare $\underline{I}_I$ și $\underline{I}_{III}$, respectiv valoarea unghiului de defazaj φ, trei fire [3], respectiv cu patru fire [4], care ajută pe utilizator în rezolvarea unor cazuri speciale de nedeterminare.

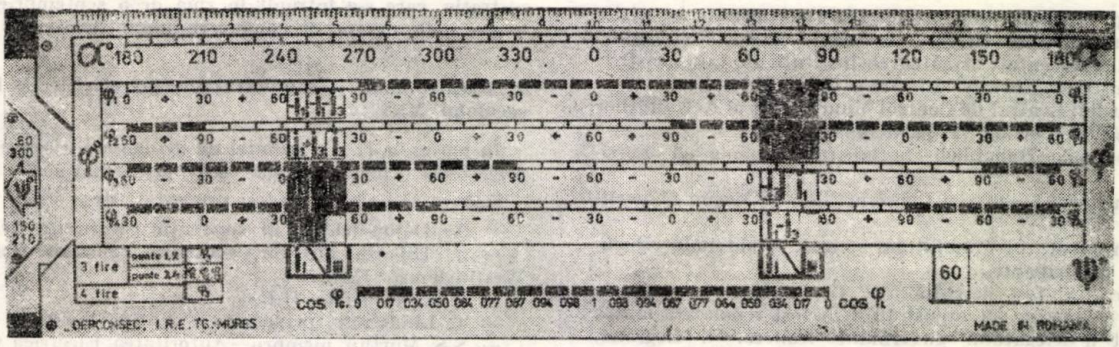
Concluzii

Erorile de conexiune rămase neobservate în timpul funcționării pot avea consecințe grave, cauzînd funcționarea falsă a aparatelor de măsură și de protecție. Ca urmare, se impune imperios ca aceste erori să fie eliminate cu certitudine încă în faza de montaj. Astfel, la punere în funcțiune, respectiv la modificarea instalațiilor, este necesar ca probele efectuate prin metode directe asupra circuitelor secundare să fie dublate cu verificare suplimentară în timpul funcționării prin ridicarea și interpretarea diagramei fazoriale a tensiunilor și curenților.

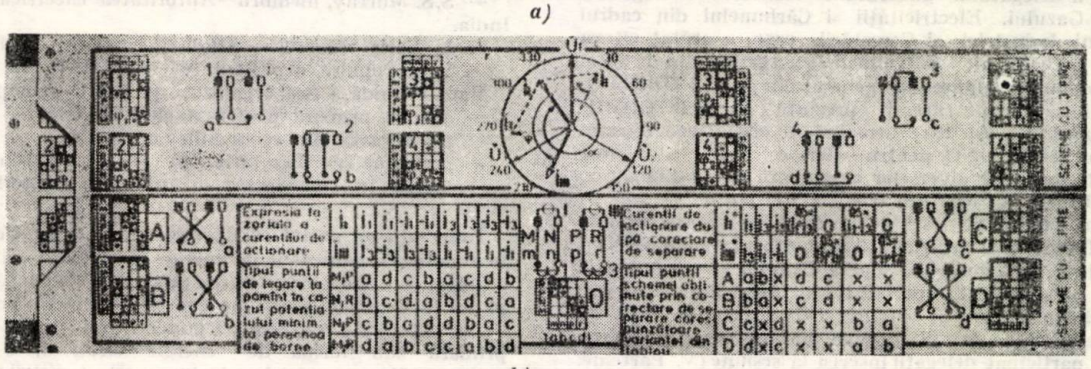
Pentru creșterea eficienței procesului de verificare (mărirea operativității și garantarea certitudinii rezultatelor), se recomandă următoarele :

— punerea la punct a sistemului de referințe prin ordonarea circuitelor de tensiune înaintea ridicării diagramei fazoriale ;

— utilizarea acelor date geometrice ale diagramei $\left(\alpha, \Psi, \frac{I_I}{I_{III}}\right)$, care sînt în corelația cea mai



a)



b)

Fig. 9. Riglă pentru determinarea erorilor de conexiune.
a — vedere din față ; *b* — vedere din spate.

iar pe spatele ei apare matricea grafului de montaj sub formă de tablou sintetic, indicînd perechile de borne între care sînt stabilite legături electrice prin conductoarele circuitelor secundare de curent.

Metodologiei de bază i se asociază procedee de selectare specifice sistemelor de montaj cu strînsă cu parametrii funcționali și de montaj ai schemei verificate ;

— folosirea unui instrument ajutător, a cărui funcționare se bazează pe corelațiile de mai sus, eliminînd astfel operațiile intermediare de interpretare și de reconstituire, inoperante și susceptibile greșelilor subiective.

Bibliografie

[1] Kerekes, I. și Lokodi, Z. *Metodă și riglă pentru determinarea erorilor de conexiune în circuitele secundare de curent alternativ.* Invenție brevetată cu nr. 66005/29.07.77.

[2] Kerekes, I. și Lokodi, Z. *Montarea corectă a contoarelor electrice trifazate.* Editura tehnică, București, 1975.

[3] Lokodi, Z. și Kerekes, I. *Rezolvarea unor cazuri speciale de reconstituire a schemei de conexiuni la circuite secundare de curent:* În: Energetica, 25, nr. 10, 1977.

[4] Lokodi, Z. și Kerekes, I. *Determinarea în timpul funcționării a unor caracteristici de montaj la circuite secundare de curent.* În: Energetica, 24, nr. 11, 1976.

(Articol intrat în redacție la 29 iunie 1978)

Lucrările celei de-a 27-a Sesiuni a CIGRE

— Paris, 30 august—7 septembrie 1978 —

Partea I — Participarea delegației române

1. Cadrul general

Între 30 august și 7 septembrie 1978 a avut loc la Paris cea de-a 27-a Sesiune a CIGRE, la care au participat circa 2400 delegați din 50 de țări. Lucrările sesiunii s-au desfășurat la Palatul UNESCO. Delegația română a fost formată din 15 persoane, care au participat fie integral, fie parțial la lucrările sesiunii, desfășurate în principal în cadrul grupelor de lucru, al comitetelor de studii și al grupelor de lucru ale acestora, la lucrările consiliului de administrație și la adunarea generală.

Delegații români au participat de asemenea la vizite tehnice, manifestări cu caracter tehnic sau social-culturale.

Au fost reprezentate următoarele instituții din țara noastră :

— Ministerul Energiei Electrice (6 participanți) ;

— Consiliul Central de Control Muncitoresc al Activităților Economice și Sociale (1 participant) ;

— Academia Republicii Socialiste România (1 participant) ;

— Ministerul Industriei Construcțiilor de Mașini (1 participant) ;

— Ministerul Învățământului — Inst. Politehnic București (6 participanți).

Sesiunea a fost deschisă de G. Jancke, președintele CIGRE, în ziua de 30 august 1978. A fost remarcată luarea de cuvînt a delegatului guvernului francez, M. Legrand, directorul Gazului, Electricității și Cărbunelui din cadrul Ministerului Industriei și Cercetării, care a arătat cîteva probleme actuale ale dezvoltării energeticii din Franța. A. R. Kaddoura, subdirector general din cadrul UNESCO, a arătat interesul pe care îl prezintă lucrările CIGRE pentru organizația sa, care urmează să organizeze în anul 1981 o conferință ONU pentru energie. Sesiunea a fost salutată de delegații diverselor organizații internaționale cu care CIGRE este în legătură (CEI, CME etc.).

În cadrul ședinței de deschidere a avut loc o masă rotundă pe tema „Transportul electricității la începutul secoluluiXXI", condusă de P. R. Howard — Marea Britanie și compusă din alte opt personalități, specialiști în domeniul energetic.

În continuare, între 31 august și 7 septembrie 1978 au avut loc reuniunile celor 15 grupe de lucru în ședințe plenare, la care au participat delegații înscriși la sesiune (V. Partenie, L. Groza, G. Toma).

În paralel cu lucrările sesiunii au avut loc reuniuni ale tuturor comitetelor de studii și ale grupelor de lucru ale acestora, la care au participat membri români titulari sau experți din delegația română, și anume: V. I. Nitu (grupa 23 — Stații), G. Drăgan (grupa 33 — Supratensiuni și coordonarea izolației), P. Dimo (grupa 32 — Exploatarea, comanda și reglajul rețelelor), L. Groza (grupa 31 — Planificarea rețelelor), G. Toma (grupa 12—Transformatoare), iar ca experți : C. Bilă (grupa 11 — Mașini rotative), I. Chenzbraun (grupa 24 — Protecții), P. Iancovici (grupa 31 — Planificarea rețelelor).

În partea a II-a a acestei prezentări se face o succintă trecere în revistă a rapoartelor prezentate la sesiune și a concluziilor ce s-au desprins la cele patru secții (Echipamente ; Cabluri, linii, stații ; Sisteme electroenergetice ; Viitorul sistemelor energetice). Prezentarea detaliată a problemelor rezultate din rapoarte, discuții și concluzii face obiectul unei broșuri editate de Comitetul național român CIGRE, ce se difuzează unui cerc larg de specialiști din instituții și întreprinderi interesate din țara noastră.

În ziua de 2 septembrie 1978 a avut loc ședința consiliului de administrație, la care au participat membri titulari sau înlocuitorii. Ing. Dumitru Popescu, președintele Comitetului național român CIGRE și membru în consiliul de administrație, care nu a putut participa, a fost reprezentat de dr. ing. Liviu Groza, secretarul Comitetului național român. S-au discutat probleme administrative, tehnice și financiare, pregătindu-se raportul pentru adunarea generală, care a avut loc în ziua de 4 septembrie 1978.

La ședința adunării generale au fost aprobate practic toate propunerile făcute și a fost ales noul consiliu de administrație, care s-a întrunit în ziua de 5 septembrie. Acesta a ales noile organe de conducere administrativă și tehnică.

2. Masa rotundă „Transportul energiei electrice la începutul secolului XXI".

În partea a II-a a ședinței de deschidere a sesiunii a fost organizată o masă rotundă cu tema de mai sus.

Referatele de bază au fost prezentate de :

— A. Déjou, delegat al societății Electricité de France.

— J. Dillard, director — Sisteme tehnologice avansate, Westinghouse (S.U.A.).

— R. Lehr, AEG, R.F.G.

— T. Lindström, președinte — ASEA, Suedia.

— S.S. Murthy, membru—Autoritatea Electrică Centrală, India.

— L. Paris, director — Studii și cercetări, ENEL, Italia.

— V. I. Popkov, expreședinte — CEI, U.R.S.S.

Masa rotundă a fost organizată pe patru teme principale :

— energia primară pentru rețelele electrice ;

— planificarea în economiile de piață ;

— probleme specifice țărilor în curs de dezvoltare ;

— luarea în considerare a influenței creșterii calității vieții.

Referenții au arătat că dezvoltarea rețelelor electrice este în funcție de consumul de energie electrică. Pentru Franța, a arătat A. Dejou, dezvoltarea producției de energie electrică se va face preponderent pe centrale nuclearoelectrice, ceea ce va determina o creștere a ponderii consumului de energie primară sub forma de energie electrică, o dezvoltare corespunzătore a rețelelor de transport și distribuție.

Dezvoltarea consumului de energie electrică, a arătat J. K. Dillard, este condiționată de creșterea economică a societății. În condițiile actualelor incertitudini și influențe aleatorii, prognoza dezvoltării energetice este mult îngreunată. Țările în curs de dezvoltare, a arătat S. S. Murthy, au o problematică energetică specifică, rezultată în primul rînd din densitatea scăzută a consumului de energie electrică. Țările în curs de dezvoltare trebuie să acorde o importanță deosebită surselor energetice neconvenționale, ca : energia solară, geotermică, eoliană etc., și să se preocupe de însușirea unor noi tehnologii în domeniul energetic.

Reprezentantul Suediei, T. Linström, s-a referit în alocuțiunea sa la aspectele privind centralizarea sau descentralizarea alimentării cu energie a societății. Alimentarea în condiții economice și sigure a societății cu energie electrică este subliniată ca o necesitate obiectivă; alimentarea centralizată oferă importante avantaje, care decurg din concentrarea producției. Formele regenerabile de energie, ca energia solară, biomasa etc., pot oferi o posibilitate de descentralizare. Pe ansamblul societății, din rațiuni economice, se impun sistemele centralizate de producție și distribuție a energiei.

L. Paris (Italia) a vorbit despre acceptabilitatea liniilor electrice aeriene. Restricțiile impuse de protecția mediului înconjurător fac tot mai dificilă alegerea traseelor pentru liniile electrice aeriene. Pe de altă parte, costurile foarte ridicate ale cablurilor electrice mențin ca unică soluție pentru distanțe mari liniile electrice aeriene. Soluțiile studiate trebuie să fie comparate din punct de vedere economic cu luarea în considerare a tuturor implicațiilor în mediul înconjurător; iar optimizarea traseelor și profilului liniilor electrice aeriene trebuie să se facă pe considerarea probabilistică a diferiților factori care intervin.

Vorbitorul și-a exprimat convingerea că încă înainte de începutul secolului XXI criteriul de alegere a soluțiilor va fi „minimizarea utilizării resurselor energetice".

Creșterea producției de energie, a arătat în cuvîntul său V. I. Popkov (U.R.S.S.), va necesita și creșterea capacității liniilor și a tensiunii acestora. S-au făcut unele calcule pentru U.R.S.S. și S.U.A. de corelare a creșterii producției cu tensiunea nominală a liniei.

Tensiunea care se va utiliza la începutul secolului XXI va fi probabil de 1500—2000 kV și se va ajunge după încă 20 de ani la 2500—3000 kV.

Cel puțin pînă în prezent se pare că liniile electrice aeriene sînt mai ieftine decît soluțiile de transport cu cabluri cu gaz, criogenice sau supraconductoare.

În cadrul CEI s-a și normalizat tensiunea de 1200 kV și se discută o valoare în jur de 1500 kV.

L. Barthold (S.U.A.) a arătat că creșterea puterilor transportate necesită noi coridoare de linii, ceea ce va schimba practica de proiectare a liniilor.

Studiile din S.U.A. arată că pentru 138 kV se pot găsi soluții cu dispoziție orizontală, cu distanța de 1 m între faze, aplicabilă în medii urbane.

Soluția cu dublu circuit de 800 kV poate pentru viitor să suplinească liniile de ultraînaltă tensiune. Acest sistem asigură o capacitate de transport de ordinul a 6000 MW, este o soluție mai bună din punctul de vedere al cîmpului electric și necesită un culoar cu 20 m mai mic decît o linie de 1200 kV. Sistemul poate fi considerat cu 6 faze de 462 kV.

În discuții s-au subliniat diferite teze expuse de referenți, și mai mulți vorbitori au abordat problema folosirii calculatoarelor electronice în sistemele electroenergetice, insistînd pentru elaborarea unei concepții fundamentate tehnic și științific.

3. Consiliul de administrație și adunarea generală

În ziua de 2 septembrie 1978 a avut loc ședința *consiliului de administrație ales în 1976*, avînd pe ordinea de zi o serie de probleme administrative, financiare și tehnice. Scopul principal a fost pregătirea adunării generale și aprobarea de către aceasta a propunerilor prezentate în vederea însușirii mandatului.

În privința situației comitetelor naționale se menționează că vor fi aduse completări la regulile de procedură în legătură cu delimitarea clară a sarcinilor și posibilităților comitetelor naționale, rezultate din unele neclarități privind relațiile pe plan extern.

Pentru pregătirea sesiunii din 1978 s-au arătat preocupările avute pentru fixarea numărului și repartiției rapoartelor, constatîndu-se unele întîrzieri în trimiterea rapoartelor de către autori, pentru viitoarea sesiune rapoartele întîrziate urmînd a fi refuzate.

Aspectele noi rezultate la sesiune în privința primei ședințe a Comitetului 41 — „Viitorul transportului de energie", includerea unui raport prezentat de Conferința Mondială a Energiei în această problemă, precum și masa rotundă organizată în legătură cu transportul de energie electrică la începutul secolului XXI, au fost apreciate ca un aport pozitiv pentru marcarea unor tendințe noi. A avut loc o dezbatere în legătură cu procedura de selecționare a rapoartelor prezentate la sesiuni, menținîndu-se procedura actuală și respingîndu-se pentru moment posibilitatea ca președintele CIGRE sau președinții comitetelor de studii să poată alege în plus sau în minus cîte un raport pentru comitetele naționale a căror cotă depășește numărul de patru rapoarte. Studiul repercusiunilor asupra rețelelor pe care le au problemele datorate exploatării centralelor a condus la o dezbatere animată, propunerile de a se înființa un nou comitet fiind deocamdată respinse; în schimb, pentru moment s-a propus înființarea unei grupe de lucru ad-hoc, în principal prin intermediul Comitetului 32, de exploatare a rețelelor. În intervenția sa, delegatul român a subliniat importanța unei asemenea preocupări, arătînd în plus, față de argumentul prezentat, rolul pe care centralele electrice și consumatorii afectați lor vor trebui să-l aibă pentru asigurarea continuității în alimentarea în regimuri de avarie datorită pericolului crescînd al avariilor de sistem și progreselor ce se pot realiza pentru insularizarea centralelor și pentru menținerea în caz extrem a funcționării lor pe servicii proprii. S-a arătat experiența obținută de țara noastră în acest domeniu, completată și cu cea a centralelor de termoficare. S-au reținut următoarele puncte de studiat de către grupa ad-hoc: performanțele centralelor în situații normale și în caz de avarie, disponibilitățile rezervelor turnante, combustibilul și constrîngerile de combustibil asupra exploatării unităților de producție, coordonarea protecțiilor de centrale și de rețea, comunicațiile între unitățile de producție sau centrale și centrele de conducere a rețelei.

În continuare s-a făcut o departajare mai exactă între domeniile de activitate a Comitetelor de studii 32 — „Exploatare și reglaj", 34 — „Protecții" —și 35 — „Teletransmisii", care a fost adoptată. S-a discutat, de asemenea, revizuirea comitetelor de studii în sensul precizării modului de acționare, al responsabilităților și al organizării reuniunilor. S-au reținut precizările în ceea ce privește numărul membrilor în comitete și recomandările de organizare a reuniunilor, ce se vor avea în vedere pentru organizarea reuniunii Comitetului 33 — „Supratensiuni" în țara noastră în anul 1979.

S-a constatat o lărgire a relațiilor cu organizațiile internaționale ce au tangență cu activitatea CIGRE și necesitatea coordonării reuniunilor cu profil similar. S-a adoptat raportul prezentat către adunarea generală ordinară din 4 septembrie 1978.

La *adunarea generală ordinară* s-a ales noul consiliu de administrație pentru exercițiul 1978—1979, în care a fost reales ing. Dumitru Popescu, președintele Comitetului național român, ca reprezentant al țării noastre.

Consiliul de administrație nou ales s-a întrunit în ziua de 5 septembrie 1978, alegînd ca nou președinte al CIGRE pe Rudolf Guck (R.F.G.), membru al consiliului de conducere al întreprinderii Badenwerk din Karlsruhe, în locul lui G. Jancke, al cărui mandat a expirat. De asemenea a fost ales noul președinte al comitetului tehnic pentru perioada 1978—1980 în persoana lui L. Paris (Italia), directorul Direcției de studii și cercetări al societății ENEL.

4. Vizite tehnice la care au luat parte membrii din delegația română

Vizita la centrul Renardières și laboratorul Montereau

În ziua de 1 septembrie s-a vizitat departamentul „Aplicațiile electricității" de la Centrul de cercetări Renardières, precum și Laboratorul de hidrobiologie de pe lîngă centrala Montereau. S-a relevat aportul deosebit al EDF în punerea la punct și promovarea de tehnologii noi în industrie cu consumuri energetice reduse, în atragerea de noi resurse (energie solară) în balanța energetică și preocupările pentru diversele forme de recuperare a căldurii din clădiri, din procese industriale, din apa de răcire a centralelor. Pentru aceste recuperări se utilizează pompe de căldură. S-a constatat

că EDF este integrată într-un vast sistem de cooperare pe scară națională în probleme de protejare a mediului și păstrare a echilibrului ecologic, rezultatele cercetărilor reflectîndu-se direct în concepția de proiectare și integrare în mediu a noilor centrale de mare putere.

Vizita la centrul BUREF și macheta SILENE

În ziua de 2 septembrie s-a vizitat Atelierul de arhitectură și probleme de mediu (BUREF) și macheta SILENE.

Specialiștii EDF au prezentat date interesante asupra modului cum sînt organizate la EDF studiile pentru alegerea amplasamentelor centralelor nucleare, pentru o bună integrare în mediu și la nivel local și regional a acestora.

La macheta SILENE, un model care reproduce la scara 1/1000 peisaje caracteristice pentru Franța, dotat cu o instalație automată electrono-optică de luat vederi și proiecție pe ecrane de magnetoscop, se fac studii de implantare în peisaj a liniilor de foarte înaltă tensiune și a altor obiective energetice importante. Instalația este folosită în special ca centru de formare a cadrelor de proiectare care se ocupă cu alegerea traseelor de linii.

Vizita la stația Warande de 420/245 kV

În ziua de 6 septembrie s-a vizitat stația Warande de 420/245 kV, prima stație de 400 kV capsulată, cu izolație de SF_6, din Franța.

Stația este amplasată pe malul Canalului Mînecii, la Dunkerque, și deservește centrala nucleară Graveline. Problemele de poluare marină au impus soluția capsulată pentru stația Warande.

Vizita a fost organizată de firma Delle-Alsthom, în colaborare cu EDF, pentru participanții la sesiunea CIGRE.

Vizite la centrele Denis și Nîmes

În zilele de 30 august — 2 septembrie s-au vizitat Centrul de exploatare rețele Denis, din Paris, și stații de transformare de înaltă tensiune aferente acestui centru. Centrul Denis deservește numai stații fără personal, supravegherea și comanda la distanță fiind realizate cu calculatoare electronice.

În zilele de 5—6 septembrie s-a vizitat Centrul de exploatare rețele Nîmes, din sudul Franței, și stații de transformare aferente acestui centru. Ca și la Denis, stațiile centrului Nîmes sînt fără personal, supravegherea și comanda fiind asigurate cu ajutorul calculatoarelor.

5. Concluzii generale

Cea de-a 27-a Sesiune CIGRE s-a caracterizat printr-o amploare crescută a participării, o tematică mai diversificată și actualizată pe probleme care arată progresul tehnic realizat și tendințele de viitor în toate cele 15 direcții principale corespunzătoare grupelor de lucru și comitetelor de studii.

Începînd cu aspectele legate de modernizarea echipamentelor și pînă la dezvoltarea de largă perspectivă a sistemelor energetice, s-au desprins tendințe noi ce vor fi sintetizate în cele ce urmează, prezentarea lor de detaliu făcîndu-se pe fiecare specialitate în parte. În broșura editată de Comitetul național român CIGRE se va arăta de asemenea progresul tehnic realizat pe plan mondial, comparat și aplicat în condițiile concrete din țara noastră. Toate acestea au rezultat din participarea la lucrările grupelor de lucru ale sesiunii, la reuniunile rezervate membrilor și experților comitetelor de studii și ai grupelor de lucru ale acestora, la vizitele tehnice, precum și din discuțiile organizate sau directe avute cu specialiști din lumea întreagă.

În continuare se face o sinteză a principalelor direcții ce au rezultat în cadrul sesiunii.

1. Importanța nouă, deosebită, dată prognozei pentru energia primară (consumuri, surse) și viitorului transportului de energie, care, împreună cu incertitudinile de natură financiară, fac necesară o pregătire în acest sens a dezvoltării sistemelor electroenergetice. În acest scop s-a stabilit o colaborare cu Conferința Mondială a Energiei și cu institutele specializate în studii de prognoză, așa cum a rezultat din discuțiile de la masa rotundă „Transportul electricității la începutul secolului XXI", precum și în cadrul grupelor și comitetelor 41 — „Viitorul transportului de energie" și 31 — „Planificarea sistemelor" și vizita la laboratoarele EDF. Ținînd seama de efectul acțiunilor de economisire a consumurilor de energie și de creșterea eficienței utilizării energiei și mărirea randamentului centralelor, s-a degajat un anumit optimism în legătură cu depășirea fazei critice actuale.

2. În privința prevenirii avariilor de sistem au rezultat tendințe noi în măsurile de prevenire și lichidare în scurt timp a acestora, atît prin dotări noi ale centrului de dispecer, cît și prin îmbunătățirea calității echipamentelor și a calculelor pe modele (Grupele 32, 34, 23, 11). Dezbaterea în consiliul de administrație a necesității creării unui nou comitet de studii pentru centrale a scos în evidență și importanța insularizării centralelor pe consumuri în cazul unor avarii mari de sistem. Interconexiunile în curent continuu datorită scăderii costurilor și măririi fiabilității contribuie de asemenea la limitarea extinderii avariilor, așa cum s-a arătat la Grupa 41.

3. Utilizarea calculatoarelor de toate tipurile (mari, mini și micro), a sistemelor teleinformaționale pentru conducerea sistemelor energetice și a părților componente, prin mărirea performanțelor și a gradului de fiabilitate, sînt introduse pe scară din ce în ce mai mare, arătînd o tendință pentru viitor de generalizare, așa cum a rezultat din dezbaterea de la masa rotundă, din Grupele 32, 34 și 35, precum și din vizitele tehnice făcute la centrele de exploatare din Denis și Nîmes.

4. Mărirea performanțelor echipamentelor din sistemul energetic și a siguranței lor în funcționare, prin stabilirea de normative, probe perfecționate, îmbunătățirea mentenanței și tipuri noi de echipamente, au rezultat în principal din lucrările Grupelor 11, 12, 13, 15 și 33, precum și la aproape totalitatea acestor grupe.

5. Preocupările deosebite pentru încadrarea în mediul ambiant a instalațiilor de producție și transport, în special a liniilor de tensiune ultraînaltă, și a centralelor nucleroelectrice, din cadrul Grupelor 22, 41, 31, 14, 36 și 23, au condus la concluzia necesității construirii de linii de tip nou, așa cum s-a arătat că este posibil pentru tensiuni de la 220—750 kV. Izolatoare de tip „lănțișor" conduc de asemenea la economii importante de material. Amplasarea centralelor nuclearoelectrice, împreună cu liniile amintite fac obiectul unor dezbateri publice largi, reacția publicului conducînd în numeroase cazuri la modificări și scumpiri ale soluțiilor. Dezbaterile din cadrul mesei rotunde, precum și cu prilejul vizitei tehnice la EDF, la Atelierul de arhitectură și mediu înconjurător și macheta SILENE, au arătat posibilitățile pe care le dau studiile pentru găsirea unor soluții în situații dificile.

6. Ca aspect mai deosebit s-a remarcat preocuparea conducerii tehnice și administrative a CIGRE de a asigura o calitate și o profunzime suficientă a materialelor elaborate și a discuțiilor, în ciuda tendințelor de creștere a domeniului de preocupare (energie primară, centrale etc.). S-a remarcat o creștere a numărului participanților din țările în curs de dezvoltare, care au reușit în numeroase cazuri să-și prezinte problemele proprii, în special cele legate de dezvoltarea sistemelor energetice, și care au fost apreciate pozitiv. S-a remarcat de asemenea interesul crescînd pe care îl manifestă publicul larg dezbaterilor din cadrul CIGRE și necesitatea atragerii presei și altor mijloace de difuzare în scopul cunoașterii mai largi a preocupărilor CIGRE legate, în măsură tot mai mare, de dezvoltarea economică și socială.

7. Delegația română a reușit să asigure succesul celor două rapoarte prezentate de Comitetul național român și a celui în colaborare. De asemenea a reușit să acopere majoritatea problemelor importante apărute cu ocazia sesiunii. Raportul complet al delegației și colecția de rapoarte pot fi consultate la Secretariatul Comitetului național român CIGRE și la biblioteca ISPE.

Partea a II-a. Lista rapoartelor și concluziile generale pe secții

Cu scopul de a oferi cercurilor largi de specialiști din Ministerul Energiei Electrice, Ministerul Construcțiilor de Mașini, și din alte ministere și instituții interesate, o privire de ansamblu asupra lucrărilor celei de-a 27-a Sesiuni a CIGRE și asupra tendințelor și orientărilor generale ce s-au desprins, Comitetul Național Român CIGRE a elaborat broșura „Lucrările celei de-a 27-a Sesiuni a CIGRE".

În lucrarea citată se prezintă, grupate pe tematica celor 15 grupe CIGRE și a celor patru secții, lista rapoartelor, principalele idei cuprinse în rapoarte și în discuții și unele concluzii ce se desprind și pentru țara noastră.

Pentru a semnala unui număr cît mai mare de specialiști aspectele de interes de la a 27-a Sesiune CIGRE și pentru a înlesni valorificarea bogatului material documentar rezultat, în cele ce urmează se prezintă lista rapoartelor CIGRE, pe grupe și secții, și concluziile generale de la fiecare din cele 4 secții (Instalații și echipamente; Cabluri, linii, stații; Sisteme electroenergetice; Viitorul transportului și sistemelor energetice).

Pentru o informare mai completă a celor interesați, este indicat să se consulte broșura „Lucrările celei de-a 27-a Sesiuni a CIGRE", difuzată la principalele întreprinderi și instituții din sistemul M.E.E. la CNST, CNIT, Academia R.S.R., precum și la M.I.C.M., M.E.I., (Institutelor politehnice), M.P.T C., la membrii CIGRE etc. De asemenea, colecția de rapoarte de la cea de-a27-a Sesiune CIGRE se poate consulta la biblioteca ISPE.

Lista rapoartelor

Secția I — Instalații și echipamente

Grupa 11 — Mașini rotative

11—00. R. D. Kranz (raportor special): Raport special al Grupei 11 — Mașini rotative.

11—01. A. Promanik (India): Studiul suprafeței extremității miezului magnetic al marilor turboalternatoare moderne.

11—02. I. M. Canay, B. N. Bose (Elveția): Comportarea în regim tranzitoriu a motoarelor de curent alternativ.

11—03. A. P. Christikov, I. A. Glebov, Ia. B. Danilevitch, G.M. Khatoretsky (U.R.S.S.): Turbogeneratoarele bipolare de 800 și 1200 MW; caracteristici constructive și rezultatele încercărilor.

11—04. N. H. Jones (S.U.A.): Funcționarea și experiența de exploatare cu sistemele de excitație „GENERREX" (marcă introdusă de General Electric—S.U.A.) pentru turboalternatoare mari.

11—05. R. Hawley: Funcționarea turboalternatoarelor cu două axe și descărcare de sarcină de vîrf. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 11 — Grupa de lucru 11—01).

11—06. Ph. Conceicao: Siguranța de funcționare a motoarelor electrice mari. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 11— Grupa de lucru 11—06).

11—07. L. Pierret, J. Debernardi, J. D. Thomas (Franța): Excitația turboalternatorelor mari. Dezvoltări recente. Performanțe și încercări. Perspective de dezvoltare.

Grupa 12 — Transformatoare

12—00. H. R. Moore (raportor special): Raport special al Grupei 12 — Transformatoare.

12—01. J. Nejedly (Cehoslovacia): Sarcina transformatoarelor din centrale și rețele în raport cu temperatura ambiantă.

12—02. T. Takagi, T. Ishii, T. Okada, K. Kurita, R. Tamura, H. Murata (Japonia): Îmbunătățirea fiabilității transformatoarelor de 500 kV de mare putere.

12—03. C.E.M. de Kuijper: Serviciile transformatoarelor mari în raport cu curentul de sarcină, tensiunea aplicată, frecvența și temperatura fluidului de răcire. Repercusiunile acestora asupra specificațiilor, construcției, încercărilor și utilizării. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 12 — Transformatoare).

12—04. K. Karsai, D. Kerenyi, L. Kiss (Ungaria): Cîteva aspecte privind construcția, în legătură cu siguranța în funcționare, a marilor transformatoare și transformatoarelor de foarte înaltă tensiune.

12—05. K. Reichert, R. Baehr, J. Gerth (Elveția): Bobine de reactanță-șunt reglabile cu reglaj static.

12—06. Z. Hasterman, J. Galczak, Z. Mosinski, M. Kozlowski, J. Pawlowski (Polonia): Unele probleme de optimizare și fiabilitate în domeniul transformatoarelor mari.

12—07. H. R. Moore: Examinarea izolației transformatoarelor de putere. Influența caracteristicilor materialelor izolante solide și lichide asupra metodelor de exploatare și caracteristicilor constructive. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 12 — Transformatoare).

12—08. C. Lindsay, V. Shenoy (Canada): Fiabilitatea și alegerea caracteristicilor transformatoarelor la foarte înaltă tensiune.

12—09. A. K. Bose, G. Kroon, J. Wildeboer (Olanda): Sarcina circuitelor magnetice.

12—10. H. P. Moser, V. Dahinden, H. Friederich, K. Lennarz, U. Leukens (Elveția): Influența materialelor brute și procedeului de fabricație asupra comportării izolației solide a transformatoarelor.

12—11. A. Bossi, L. Giannuzzi, G. Manzoni, F. Coppadoro, G. Sigaudi (Italia): Alegerea caracteristicilor transformatoarelor de putere pentru rețelele de foarte înaltă tensiune.

Grupa 13 — Aparataj de întrerupere

13—00. E. Ruoss (raportor special): Raport special al Grupei 13 — Aparataj de întrerupere.

13—01. K. Frohlich (Austria): Măsurarea caracteristicilor tensiunii și a performanțelor de rupere a întreruptoarelor.

13—02. C. A. Fawdrey (Anglia): Aplicațiile tehnicilor de perfecționare și diagnosticare a fiabilității întreruptoarelor.

13—03. E. Schwalb, U. Habedank, U. H. Schramm, E. Slamecka, K. Zuckler (Austria): Cercetări privind încercările unui întreruptor cu SF_6 cu presiune unică, supus defectului kilometric, fie pe elemente separate, fie pe un pol complet.

13—04. E. Erni, H. Frey, G. Koppl (Elveția): Influența și eficacitatea asigurării calității ca și a încercărilor asupra fiabilității întreruptoarelor.

13—05. J. Marty, P. Hadron (Elveția): Intervale între acțiunile de întreținere la întreruptoare bazate pe încercări la scurtcircuit și pe solicitările electrice reale în serviciu.

13—06. A. N. Komarov, V. S. Rashkes, N. V. Shilin (U.R.S.S.): Întreruperea curenților inductivi ai reactanțelor-șunt de tensiune foarte înaltă.

13—07. E. Pflaum, G. Sinnecker, R. Brinkhoff, D. Hoffmann, H. Lipken, W. Schmitz, F. Waltenberger (R.F.G.): Aspecte noi ale fiabilității întreruptoarelor de înaltă tensiune.

13—08. J. C. Henry, C. Perrissin, C. Rollier (Franța): Comportarea întreruptoarelor cu autosuflaj cu SF_6 în prezența unor condiții excepțional de severe.

13—09. R. E. Dietrich, F. Berg (S.U.A.), E. Thuries (Franța): Soluții aduse de întreruptoare într-un singur ciclu la anumite solicitări ale rețelei.

13—10. M. Cazzani, M. Lissandrin, S. Manganaro, G. Mazza (Italia): Comportarea întreruptoarelor de foarte înaltă tensiune echipate cu rezistențe de inserție, în timpul manevrelor de închidere.

Grupa 14 — Legături în curent continuu

14—00. T. E. Calverley (raportor special) : Raport special al Grupei 14 — Legături în curent continuu.

14—01. M. Kubat, P. Vavlinek, S. Pacak, F. Kozak (Cehoslovacia) : Utilizarea legăturilor de înaltă tensiune în curent continuu pentru interconectarea marilor rețele electrice reglate și exploatate în mod diferit.

14—02. M. Tasuda, K. Migushima, Y. Kato, A. Saki, (Japonia) : Stația de conversie a frecvenței de la Shin — Shinano.

14—03. J. Hengsberger, G. Thiele (R.F.G.), K. Roth (Elveția): Încercarea valvelor cu tiristori pentru Bipolul II al rețelei c.c. de înaltă tensiune de la Manitoba.

14—04. O. Hauge, S. Vikanes (Norvegia), E. Andersen, G. Styrbro (Danemarca) : Instalația de transport de înaltă tensiune în curent continuu de la Skagerrak. Caracteristici de concepție a rețelei și experienței de exploatare.

14—05. R. L. Cresap, W. A. Mittelstadt, D. N. Scott, C. W. Taylor (S.U.A.) : Amortizarea oscilațiilor pe legătura de interconexiune în curent alternativ a Pacificului, prin modularea interconexiunii de tensiune continuă a Pacificului, în paralel cu aceasta.

14—06. H. G. Hingorani, M. A. Dranchak, C. Flairty, A. Glassanos, R. Nakata, F. E. Fisher, N. Tai (S.U.A.) : Stații terminale compacte petru înaltă tensiune continuă izolate cu gaz. Legătura prototip de curent continuu a EPRI.

14—07. R. Banks, B. A. Rowe, R. G. Noble (Anglia) : Încercarea valvelor cu tiristori pentru transportul la înaltă tensiune continuă.

14—08. J. Kauferle (Elveția), D. Povh (R.F.G.) : Concepte privind protecția la supratensiune și supracurenți a convertizoarelor HVDC (înaltătensiune c.c.).

14—09. R.E. Harrison, P.C.S. Krishnayya (Canada): Considerații de sistem în aplicarea filtrelor (c.c.) pentru transporturile HVDC (înaltă tensiune c.c.).

14—10. R. Jotten, J.P. Bowles, G. Liss, C.J.B. Martin, E. Rumpf : Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 14 — Legături în c.c. Reglajul în sistemele HVDC (înaltă tensiune c.c.). Stadiul tehnicii. Partea I. Legătură între două noduri.

14—11. V. I. Emelyanov (U.R.S.S.), H. Heikkila, L. Makela (Finlanda) : Legătura de interconexiune HVDC (înaltă tensiune c.c.) U.R.S.S. — Finlanda.

14—12. D. M. Demarest, C. M. Stairs : Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 14 — Legături în c.c. Proceduri de încercare a valvelor cu semiconductori și corelația cu experiența de exploatare.

14—13. K. W. Kanngiesser, A. de Ornelas Mario, H. Pesch, E. F. Raynham, W. Ziegler: Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 14 — Legături în c.c. Punerea în funcțiune a instalației de înaltă tensiune continuă de la Cabora — Apollo.

Grupa 15 — Materiale izolante

15—00. T. W. Dakin (raportor special) : Raport special al Grupei 15 — Materiale izolante.

15—01. H. M. Ryan, W. L. Watson (Anglia) : Caracteristicile de amorsare la impuls a intervalelor în SF_6 în cîmp neuniform.

15—02. C. H. A. Ely, P. J. Lambeth, J. S. T. Looms, D. A. Switf (Anglia) : Conturnarea polimerilor umezi și poluanți. Aripioara „Booster".

15—03. V. Adamec (Cehoslovacia) : Despre consecințele posibile ale creșterii conducției cu cîmpul, asupra străpungerii dielectrice și asupra fenomenului de arborescență în polimerii izolanți.

15—04. W. Kako, T. Tsukui, S. Hirabayashi, K. Kimura, H. Mitsui, F. Natsume (Japonia) : Anduranța sub tensiune și procesele de degradare a izolanților din mașinile rotative de înaltă tensiune.

15—05. W. Lampe, E. Spicar (Suedia) : Influența diferitelor tipuri de solicitări asupra rezistenței dielectrice și mecanice a izolației ulei — celuloză.

15—06. V. N. Borin, I. M. Brttnisk, M. I. Sosoev, A. G. Loapin, V. I. Popkov, N. N. Tokhodeev (U.R.S.S.) : Caracteristicile izolației pe bază de SF_6 din aparatele de înaltă tensiune în condiții de serviciu.

15—07. M. Crăciun, A. Diessner, G. Luxa, H. Winkelnkemper (R.F.G.) : Încercări de lungă durată asupra izolatorilor epoxidici din SF_6 gazos.

15—08. G. A. Curtis, O. Nerf, K. Wenzel, D. Zahobetti : Comportarea condensatoarelor de putere, în condiții de serviciu cuprinzînd supratensiuni (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 15 — Materiale izolante).

15—09. R. Fournie, J. Perret, J. Capelle (Franța) : Încercarea de anduranță a dielectricului mixt hîrtie — polipropilenă impregnată cu difenili policloruraţi.

15—10. R. Mailfert, J. Thoris, D. Rivière, L. Pargamin (Franța) : Efectele suprapunerii solicitărilor electrice, mecanice și climatice asupra comportării la oboseală și a calității electrice de lungă durată a izolanților compuși.

15—11. M. Stoica, F. T. Tănăsescu, G. Giurgiu, A. Ifrim (România) : Fenomenul de arborescență în materialele dielectrice sintetice destinate izolațiilor cablurilor de forță.

15—12. M. A. B. El-Ioshairy, A. M. El-Arabaty, El-Sayed A. H. Aly, E. A. A. Mansour, A. E. Abdulah, S. El-Debeiky (R. A. Egipt) : Comportarea izolațiilor din rășină epoxidică, pentru liniile de transport de înaltă tensiune, în condițiile de poluare întîlnite în deșert.

Secția a II-a — Cabluri, linii, stații

Grupa 21 — Cabluri de înaltă tensiune

21—00. P. Priaroggia (raportor special) : Raport special al Grupei 21 — Cabluri de înaltă tensiune.

21—01. C. A. Arkell, E. Ball, A. H. Barton, N. K. Beale, D. E. Williams (Anglia) : Concepția și instalarea cablurilor cu răcire laterală cu apă.

21—02. E. H. Kreuger, P. A. C. Bentvelsen (Olanda) : Cabluri cu izolație sintetică cu ecran exterior cu rezistență neliniară.

21—03. T. Watanabe, H. Tsuda (Japonia) : Dezvoltarea tehnică și exploatarea cablurilor subterane pentru transportul puterilor mari în Japonia.

21—04. C. Taralli, C. S. Soares, G. R. de Almeida (Brazilia) : Tendințe moderne ale transportului subteran de energie electrică în Brazilia.

21—05. O. Hauge, A. Berg, J. Normann, N. Johnsen, G. Wettre, K. Bjorlow-Larsen (Norvegia) : Cablurile de înaltă tensiune continuă de la Skagerrak.

21—06. C. T. Jakobsen, R. Atterno, B. Dellby (Suedia) : Experiența utilizării cablurilor de înaltă tensiune izolate cu PRC reticulat în condiții uscate.

21—07. E. R. Cantwell, E. A—Blake (Irlanda) : Traversarea riului Shannon cu cabluri oleostatice de 220 kV.

21—08. E. Occhini, G. M. Lanfranconi, M. Tellarini (Italia), G. Maschio (Anglia) : Rețele de transport de 750 kV și 1100 kV cu cabluri cu ulei fluid. Tip de construcție și încercări.

21—09. A. H. Cookson, T. F. Garrity, R. W. Samm (S.U.A.) : Cercetări și dezvoltări în Statele Unite privind liniile de transport de mare capacitate prin cabluri trifazate cu izolație gazoasă comprimată.

21—10. C. Albrecht, G. Mainke, H. Brakelmann, W. Rasquin (R.F.G.) : Transport de putere mare prin cabluri răcite prin conductor.

21—11. G. Bahder, R. Jocteur : Punerea la punct a cablurilor extrudate pentru aplicații la foarte înaltă tensiune, în gama 138—400 kV (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 21 — Cabluri izolate de înaltă tensiune).

Grupa 22 — Linii electrice aeriene

22—00. H. B. White (raportor special): Raport special al Grupei 22 — LEA.

22—01. V. P. Thakor, P. S. Vishwenathan, R. Ranjan, R. N. Pendse (India): Analiza comportării liniilor electrice aeriene de transport.

22—02. V. Kertesz, T. Mihailkovics (R.P.U.): Arcuri electrice de putere pe izolatoare de înaltă tensiune în rețea și în laborator.

22—03. K. Heikkila, I. Nousmaa, P. Nyyssonen (Finlanda): Experiența de exploatare a LEA finlandeze.

22—04. N. Souchereau, G. Sabourin, P. Cayer, Y. T. Tsui (Canada): Aplicarea unui stîlp cu traversă din ancore la o linie de 735 kV.

22—05. A. S. Zelichenko, A. I. Abramovich, Z. M. Gincher, Yu. Y. Liskov (U.R.S.S.): Dimensionarea și construcția LEA de 500 kV în regiunile muntoase ale U.R.S.S.

22—06. F. Belgiorno-Nettis (Australia): Stîlpi conici din oțel umpluți cu beton pentru LEA de înaltă tensiune.

22—07. J. I. Gidlund, W. Carlsbem, A. Pettersson (Suedia): Fundații de stîlpi-portal ancorați interior de 400—800 kV din Suedia — tipuri, criterii de calcul și costuri.

22—08. M. Moreau, P. Rigoet, B. Dalle (Franța): Concepția LEA în vederea evitării ruperilor în cascadă. Aplicarea clemelor cu alunecare controlată.

22—09. P. H. Leppers, (Olanda), R. Brand (R.F.G.), M. Couvreur (Belgia): Controlul galopării fasciculelor de conductoare de secțiune medie prin eliminarea distanțierelor sau mijloace similare.

22—10. Grupa de lucru 22—07.: Calculul plăcilor de ancoră. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 22 — Linii aeriene.

22—11. V. I. Nitu, H. Baciu, Z. Neag, M. Stein, D. Voinea (România): Cîteva considerații privind influența condițiilor naturale extrem de severe din România asupra realizării și funcționării instalațiilor rețelei electrice.

22—12. B. A. Cauzillo, P. Nicolini, P. Paoli, A. Carpena (Italia): Criterii pentru proiectarea și construcția noilor LEA de foarte înaltă tensiune.

22—13. H. B. White: Controlul avariilor în cascadă în concepția LEA. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 22 — Linii aeriene.

Grupa 23 — Stații electrice

23—00. J. E. Baumann (raportor special): Raport special al Grupei 23 — Stații.

23—01. P. Hogg, W. Schmidt (Elveția): Utilizarea unui nivel redus de izolație pentru stațiile blindate de înaltă tensiune, izolate cu SF_6.

23—02. K. Morii, S. Matsumura, T. Okada, T. Ushio, S. Tominaga, S. Inamura (Japonia): Experiența dobîndită și tendințe viitoare pentru stațiile blindate de 500 kV cu izolație gazoasă.

23—03. W. Boeck, K. Pettersson: Caracteristicile specifice și fundamentale ale stațiilor cu carcasă metalică pentru coordonarea izolației (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 23 — Stații.

23—04. G. Hosemann (R.F.G.), D. Tsanakas (Grecia): Solicitări dinamice în stații. Considerarea curenților de scurtcircuit și a forțelor electromagnetice datorate defectelor nesimetrice.

23—05. T. Grzan, J. E. Beechler, W. Knauer, H. King (S.U.A.): Realizarea și utilizarea unui dispozitiv limitator al curentului de defect.

23—06. A. Gromier, G. Voisin (Franța): Comportarea stațiilor blindate supuse la curenți nominali și la curenți de defect importanți.

23—07. R. Hess, P. Richter, W. Lehmann, N. H. Schramm, G. Hosemann (R.F.G.): Stăpînirea curenților permanenți și de scurtcircuit de valori mari în stațiile izolate cu SF_6.

Secția a III-a — Sisteme electroenergetice

Grupa 31 — Planificarea rețelelor

31—00. C.B. Cooper (raportor special): Raport special al Grupei 31 — Planificarea rețelelor.

31—01. M. A. Bird, J.S. McConnach, W. H. Parrington (Anglia): Concepția și planificarea rețelelor electrice în curs de dezvoltare rapidă.

31—02. P. H. Ashmole, G. Schachshaft (Anglia): Influența caracteristicilor de sarcină asupra comportării rețelelor. Punct de vedere al CEGB.

31—03. T. Johansson, O. Edberg (Suedia): Noile tendințe de dezvoltare a rețelelor electrice suedeze.

31—04. G. E. Jottrand (Belgia): Repartiția probabilistică a sarcinii. Metodă de calcul aplicabilă la rețele buclate de mari dimensiuni.

31—05. C. T. Nguyen, Y. Robichaud, B. Podesto, S. Y. M. Hung (Canada): Determinarea comportării sarcinii unei rețele cu ajutorul unui sistem numeric de culegere a datelor.

31—06. V. A. Khanaev, S. S. Rokotian, V. D. Shlimovich, S. A. Sovalov, V. A. Venikov, I. M. Volkenau (U.R.S.S.): Conceptul de dezvoltare a sistemului energetic unificat din U.R.S.S.

31—07. G. J. Francis, W. C. E. Wager, R. D. Waldie (Australia): Crearea unui sistem interconectat de 3000 MW care se întinde pe 1750 km.

31—08. H. N. Scherer jr., B. J. Ware (S.U.A.), B. Thoren, K. Pettersson (Suedia): Programul de cercetări la tensiuni ultraînalte al AEP — ASEA. Rezultate obținute pînă la nivelul anului 1977.

31—08.bis. H. N. Scheer jr., B. J. Ware (S.U.A.), B. Thoren, K. Pettersson (Suedia): Complement la raportul 31—08.

31—09. S. A. Annestrand, G. A. Parkis, D. E. Perry (S.U.A.): Proiectul de linie de transport de 1200 kV de la Bonneville Power Administration.

31—10. M. G. Comber, L. E. Zaffanella, F. S. Young (S.U.A.): Cercetări asupra liniei trifazate la ultraînaltă tensiune în stația de încercări de foarte înaltă tensiune a EPRI.

31—11. M. S. Chen, C. Concordia, T. Nagao, J. Fitzer, W. Dillon, R. Shoults, T. Hatcher, N. Simons, T. Yau (S.U.A.): Determinarea caracteristicilor statice și dinamice ale sarcinilor din rețelele electrice.

31—12. H. Becker, J. Buter, K. During, G. Hosemann, W. Kiwit, D. Oeding, E. Rumpf, U. Stoll, O. Wolcker (R.F.G.): Compararea diverselor tehnici pentru transportul puterilor electrice mari în zonele foarte populate.

31—13. H. G. Busck, R. Gampenrieder, D. Hass, G. Pels, Leusden, H. Zimmermann (R.F.G.): Aspecte ale viitorului transportului la tensiune foarte înaltă în curent alternativ în R.F.G. Analiza pe model.

31—14. F. Maury, H. Persoz (Franța): Considerarea protejării mediului înconjurător în concepția rețelelor.

31—15. J. Clade, P. Marechal (Franța), G. Manzoni, L. Paris, M. Valtorta (Italia): Elemente de comparație pentru alegerea celui mai înalt nivel de tensiune al unei rețele de transport.

31—16. E. Bagala, F. Galli, C. Malaguti, L. Paris, M. Sforzini, M. Valtorta (Italia): Proiect italian pentru 1000 kV și instalații de încercercare corespunzătoare.

Grupa 32 — Exploatarea, comanda și reglajul sistemelor energetice

32—00. J. Stengel (raportor special): Raport special al Grupei 32 — Exploatarea, comanda și reglajul sistemelor energetice.

32—01. M.N. Eggleton, U. G. Knight, R. G. Smith (Anglia): Dezvoltări ale procedeelor și echipamentelor de gestiune operațională la CEGB.

32—02. J. B. Molendijk (Olanda): Concepția referitoare la realizarea unui nou centru regional de dispecer.

32—03. H. Kaminosono, K. Uyeda, K. Matsunami, D. Wada, K. Nagayama (Japonia): Metode de îmbunătățire a stabilității unui sistem energetic cu o centrală nucleară.

32—04. A. Calvaer, F. Denis, J. P. Piret (Belgia): Schimburile schemelor echivalente în timp real între centrele de dispecer ale sistemelor energetice interconectate.

32—05. J. M. Delforge, F. Denis, J. Ernould, J. P. Waha (Belgia): Organizarea conducerii prin dispecer în Belgia. Structura treptelor de dispecer.

32—06. M. Calovic, M. Dorovic, D. Siljak (Iugoslavia): Reglajul automat descentralizat al producției într-un sistem energetic interconectat.

32—07. F. M. Mackay, L. H. Berk (Canada): Costul întreruperilor în alimentarea unor consumatori industriali.

32—08. D. I. Azariev, M. G. Portnoi, Iu. N. Rudenko, S. A. Sovalov, Iu. A. Tihonov, V. A. Venikov, N. I. Voropai (U.R.S.S.): Conducerea sistemelor energetice în regim perturbat.

32—09. I. H. Miller, J. P. Bates, D. W. Husband, B. V. O'Neil (Australia): Dezvoltarea instalațiilor pentru centralele de dispecer în sistemul energetic Victoria.

32—10. J. Trojak, M. Cegielski, W. Dzierzanowski, Z. Jasicki (Polonia): Revenirea la funcționarea normală a unui sistem energetic după o perturbație.

32—11. D. Denzel, E. Hagenmayer, D. Rumpel, W. Sprenger, A. Vorbach (R.F.G.): Echipamente de automatizare utilizate în rețelele de înaltă tensiune din R. F. Germania.

32—12. G. Alfors, L. Wiklund, B. Leander (Suedia): Experiența obținută la punerea în funcțiune și după primul an de funcționare a sistemului TIDAS.

32—13. U. G. Knight: Măsuri de siguranță pentru reducerea pericolului de apariție a perturbațiilor grave și pentru atenuarea efectului lor. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 32.

Grupa 33 — Supratensiuni și coordonarea izolației

33—00. G. Carrara (raportor special): Raport special al Grupei 33 — Supratensiuni și coordonarea izolației.

33—01. K. Olsen, Th. Ulriksen, D. Lange Anderson, J. Huse, A. Schei (Norvegia): Supratensiuni datorită loviturii de trăsnet în instalații cu SF_6. Analiza riscurilor de avariere.

33—02. I. Ozaki, M. Takanishi, S. Tsurumi, K. Mitani, M. Kobayashi (Japonia): Noi idei referitoare la protecția contra supratensiunilor cu ajutorul descărcătoarelor cu rezistență variabilă.

33—03. R. Gert, J. Jirku, (Cehoslovacia), N. I. Lokhanina, V. S. Rașkes (U.R.S.S.): Supratensiuni de comutație între faze, în rețele de foarte înaltă tensiune.

33—04. A. Cimador, M. Coja, P. Hautefeuille, M. Moreau (Franța): Metodă de dimensionare a izolatoarelor liniilor electrice aeriene în regiuni poluate.

33—05. K. Pettersson, M. Holmborn, P. Olsson, L. Lindberg (Suedia): Protecția contra supratensiunilor cu front abrupt a stațiilor blindate cu SF_6.

33—06. G. N. Aleksandrov, A. I. Bronfman, V. F. Laslo, A. I. Scolokov, A. S. Shur, N. N. Tikhodeev, O. I. Iakovlev (U.R.S.S.): Descărcătoare cu rezistență variabilă destinate pentru o limitare apreciabilă a supratensiunilor în rețelele 110—500 kV.

33—07. R. Kosztaluk, W. Czaplak, R. Kucharski (Polonia): Măsurătorile poluării: încercările izolatoarelor poluate. Alegerea izolatoarelor.

33—08. N. N. Beliakov, A. N. Komarov, V. S. Rașkes (U.R.S.S.): Rezultatele măsurătorilor supratensiunilor de comutație și a caracteristicilor materialului electric în rețelele de 750 kV ale Uniunii Sovietice.

33—09. M. P. Verma, N. Niklasch, W. Heise, H. Lipken, G. F. Luxa, H. Schreiber (R.F.G.): Criteriul conturnării prin poluare și aplicațiile lui pentru dimensionarea și controlul izolației.

33—10. L. Csuros, A. Ekstrom, P. Povh: Câteva aspecte ale coordonării izolației în curent continuu la înaltă tensiune. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 33 — Supratensiuni și coordonarea izolației).

33—11. J. Keller-Jacobsen, Aa. Pedersen, J. K. Rasmussen, A. Henriksen (Danemarca), C. Lindqvist, S. Smedsfelt (Suedia): Încercări în laborator și în aer liber pentru dimensionarea corectă a izolatoarelor expuse la poluare salină.

33—12. P. Tocev, A. Todorova, D. Vandev (Bulgaria): Caracteristicile statice ale izolației în aer la supratensiuni de comutație.

33—13. C. Gary, G. Drăgan, D. Cristescu: Atenuarea prin propagare a supratensiunilor sub influența efectului corona. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 33 — Supratensiuni și coordonarea izolației).

33—14. G. Borgonovo, G. Gambelli, L. Lagostena, A. Porrino, C. Santagostino (Italia): Evaluarea riscului de clacare datorită supratensiunilor de comutație în rețelele de foarte înaltă tensiune.

33—15. R. Cortina, A. Taschini, G. Carrara, L. Thione (Italia): Linia experimentală de foarte înaltă tensiune de 1 km; încercări preliminare la impulsuri de comutație între faze.

33—16. B. F. Hampton, W. J. T. Jinman, R. J. Meats, J. J. Fellerman, K. F. Foreman (Anglia): Eclator de coordonare la declanșări pentru stații blindate.

Grupa 34 — Protecție

34—00. J. H. Haylor (raportor special): Raport special al Grupei 34 — Protecție.

34—01. J. Clade, J. Miroux, J. M. Tesseron, L. Tourres, C. Corroyer, J. Kowal (Franța): Evoluția mijloacelor de comandă, de transmisii interne și de automatizări, în stațiile rețelei franceze.

34—02. G. Fielding, W. S. Cheetham, H. L. Thanawala, W. P. Williams (Anglia): Comportarea unei protecții de distanță pe o linie lungă de foarte înaltă tensiune echipată cu compensare statică în derivație.

34—03. H. Doevre, A. Aarebrot, J. Svoen (Norvegia): Principiu de conversiune și de culegere a datelor pentru protecția numerică într-un sistem descentralizat.

34—04. J. E. Esztergalyos, M. T. Yee (S.U.A.), M. Chamia, S. Libermann (Suedia): Concepția și funcționarea unui sistem de protecție ultrarapidă pentru linii de transport de foarte înaltă tensiune.

34—05. H. Ungrad, V. Narayan, M. Fiorentzis, M. Ilar (Elveția): Protecții combinate ale unei mari centrale cu rețeaua sa.

34—06. A. M. Dmitrenko, V. M. Kiskatki, D.D. Levkovici, L. A. Nadel, Iu. G. Nazarov, V. N. Vavin (U.R.S.S.): Protecția centralelor termice și nucleare importante cuprinzînd grupuri de mare putere.

34—07. W. H. Van Zee, R. J. Felton (S.U.A.): Protecția rețelei de 500 kV. Concepție și experiență de exploatare.

34—08. E. M. Zurowski, A. E. Fischer, K. L. Klein (R.F.G.) O concepție a protecției asigurînd o disponibilitate maximă a grupurilor turbogeneratoare mari în rețelele interconectate.

34—09. M. Souillard (Franța): Protecția liniilor de foarte înaltă tensiune de transport la distanțe mari. Funcții de măsură a distanței și direcționale. Caz particular al liniilor compensate prin condensatoare-serie.

34—10. S. R. Hayden: Efectele fenomenelor tranzitorii, cauzate de defecte și de manevre, asupra releelor de protecție la foarte înaltă tensiune (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 34 — Protecții).

Grupa 35 — Teletransmisii

35—00. M. T. Joransson (raportor special): Raport special al Grupei 35—Teletransmisii).

35—01. V. H. Iskin, R. G. Knijnik, G. V. Mikuțki, S. B. Segtman, Ju. P. Skarin (U.R.S.S.): Investigații privind zgomotul în legăturile prin curenți purtători pe LEA și influența acestuia asupra inteligibilității convorbirilor.

35—02. F. Gonzalo, G. Senesi, A. Liobet (Spania): Transmisia datelor la 600 Bd pe canele supravocale.

35—03. J. Selga (Spania): Rețeaua de calculatoare „TRAME", o soluție pentru sisteme energetice bazată pe comutarea de pachete.

35—04. H. Lautensach, R. E. Martin, H. Nocker, E. Schumm Teletransmisii prin curenți purtători, utilizînd fascicolele conductorilor izolați ai unei LEA. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 35 — Teletransmisii).

35—05. C. D. Sa, R. B. Pastana (Brazilia): Sistem de colectare a datelor în timp real, pentru estimarea calității unei rețele de microunde cu terminale multiple și de tip radial.

35—06. D. Bisci, J. R. Martin: Metode de estimare a performanțelor legăturilor de transmisii a datelor de exploatare. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 35 — Teletransmisii).

Grupa 36 — Perturbații

36—00. Cl. Gary (raportor special): Raport special al Grupei 36 - Perturbații.

36—01. S. T. Sobral, H. J. Katzer (Brazilia): Evaluarea potențialului pămîntului și problemele legate de aceasta.

36—02. M. Kuussaari, A. J. Pesonen (Finlanda): Măsurarea impedanței de legare la pămînt în stațiile de înaltă tensiune.

36—03. J. Hoeffelman, B. Jacquet (Belgia): Probleme puse de perturbații în circuitele de telecomunicații, încorporate în conductoarele de protecție.

36—04. M. Couvreur, J. Heuskin, P. Nicaise, A. Robert, X. Van Merris (Belgia): Considerații particulare asupra perturbațiilor datorate cuptoarelor cu arc.

36—05. J. W. Bankoske, D. T. Poznaniak, G. W. Mckee, H. B. Graves, J. E. Bridges (S.U.A.): Efectele biologice ale cîmpurilor electrice de frecvențe extrem de joase; cîteva rezultate ale cercetărilor din Statele Unite.

36—06. G. Y. Allen, G. L. Atyeo, G. E. Burrigde, G. R. Elder, J. M. Thorson Jr.: Concepția aparatelor de protecție contra inducției liniilor aeriene. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 36— Perturbații).

36—07. Grupa de lucru 36.01: Măsurarea cîmpurilor electrice în apropierea lucrărilor la înaltă tensiune. Rezultate și concluzii. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 36 — Perturbații).

Secția a IV-a

Grupa 41 — Viitorul transportului și sistemelor de energie

41—00. A. Vinjar (raportor special): Raport special al Grupei 41.

41—01. J. H. Chiles III, F. Felix, W. Hayes, R. Males (S.U.A.): Influența asupra utilizării energiei electrice a variațiilor răspunsului consumatorilor la diferite fenomene economice.

41—02. S. de Salvo Brito (Brazilia): Sistemul de alimentare cu energie electrică și dezvoltarea națională. Experiența Braziliei.

41—03. H. Schaefer, H. K. Schneider (R.F.G.): Influența unor factori tehnici și economici asupra consumului de energie electrică și combustibil.

41—04. J. R. Kiely, D. E. Hert (CME): Rolul energiei electrice în prima etapă a secolului XXI.

Concluzii generale

Secția I — Instalații și echipamente

La Grupele 11, 12, 13, 14 și 15 a ocupat un loc central problema creșterii performanțelor și fiabilității echipamentelor și aparatajului.

Definirea corectă a cerințelor privind siguranța în funcționare și stabilirea căilor de atingere a obiectivelor stabilite impun o strînsă conlucrare între fabricanți, proiectanții de instalații și utilizatori, conlucrare care trebuie să se stabilească foarte de timpuriu, din faza de concepție a echipamentului.

O atenție deosebită se acordă mai bunei cunoașteri a solicitărilor la care sînt supuse în exploatare echipamentele și apar tajul; în această privință s-au dezvoltat experimentări și studii analitice, cu modelarea din ce în ce mai fină a fenomenelor.

În creșterea fiabilității echipamentelor și aparatajului electric, un rol hotărîtor îl au selecția și utilizarea materialelor corespunzătoare.

Constructorii acordă astăzi o mare importanță perfecționării tehnicilor de măsurare și probelor de verificare a calității, pe parcursul fabricației, pentru depistarea timpurie și eliminarea deficiențelor la materiale și execuție.

În toate aceste domenii de interes există la noi în țară o orientare bună a specialiștilor.

Preocupările trebuie însă să fie extinse și aprofundate și este necesar să se realizeze conlucrarea cercetătorilor M.E.E. și M.I.C.M. nu numai la nivelul conceperii, fabricării și recepției de calitate, dar și în ce privește urmărirea comportării în exploatare a aparatajului și echipamentelor energetice.

Secția a II-a — Cabluri, linii, stații

Și în această secție ocupă un loc important preocupările pentru creșterea continuă a performanțelor tehnice și de siguranță și pentru mai buna încadrare în mediu a instalațiilor energetice noi.

Lucrările Grupei 21 (Cabluri) semnalează noi soluții de creștere a capacității cablurilor, prin răcire laterală sau răcire directă, la cabluri de IT, utilizarea cablurilor izolate cu SF_6 la IT și prin realizarea cablurilor de foarte înaltă tensiune.

Aceste soluții prezintă un interes deosebit și pentru țara noastră în organizarea rețelelor electrice orășenești (cabluri de IT) și în racordarea la rețea a centralelor nucleare, de foarte mare putere (cabluri FIT).

La Grupa 22 s-a semnalat realizarea unor noi tipuri de linii de 220—750 kV, cu mai bune condiții de încadrare în mediu și interesul pentru noi clarificări în ce privește condițiile de dimensionare a LEA, inclusiv pentru considerarea fenomenelor aleatorii de frecvență scăzută, problemă la care specialiștii români au adus o contribuție apreciată.

Ținînd seama de experiența acumulată la CIGRE, este oportun să se perfecționeze sistemul nostru de evidență și analiză a comportării în exploatare a LEA. De asemenea este oportun să se dezvolte în cadrul M.E.E. (la ICEMENERG) cercetările asupra solicitărilor dielectrice și mecanice la linii.

Stațiile blindate cu SF_6 sînt din ce în ce mai mult în atenția specialiștilor din toate țările, mai ales pentru că sînt ușor încadrabile în mediu, în zonele aglomerate și poluate. S-au semnalat perspective favorabile de reducere a nivelelor de izolație în stațiile cu SF_6 și implicit a costurilor, pe seama utilizării descărcătoarelor moderne de înalte performanțe.

Asimilarea în fabricație, și la noi în țară, a unor noi tipuri de descărcătoare va trebui să fie avută în vedere, corelat cu asimilarea aparatajului cu SF_6.

Secțiile III și IV — Sisteme electroenergetice

Din lucrările Grupelor 41 și 31 se semnalează în primul rînd importanța nouă, deosebită, dată prognozelor pentru energia primară (consumuri, surse) și viitorului sistemelor energetice.

S-a relevat că majoritatea țărilor și-au extins cercetările asupra ansamblului problemelor energetice, studiind prognoza

resurselor energetice, oportunitatea valorificării formelor neconvenționale de energie, în contextul restricțiilor ce acționează în etapa actuală și al factorilor economici, inclusiv influența prețului energiei asupra consumurilor.

Și pentru țara noastră se impune organizarea corespunzătoare, în vederea elaborării unor studii energetice de ansamblu de către formații specializate, cu considerarea influențelor semnalate mai sus.

La Grupele 31, 36, 41, ca și la alte grupe CIGRE, sau la alte manifestări din cadrul sesiunii, s-au relevat preocupări deosebite vizînd încadrarea în mediul ambiant a noilor obiective energetice, în special a centralelor nucleare și liniilor de foarte înaltă tensiune.

Noile proiecte de centrale nucleare și linii de extra înaltă tensiune sînt de regulă precedate de studii și cercetări aprofundate asupra condițiilor de mediu și a impactului noilor instalații, cu participarea largă a factorilor interesați, la nivel național.

În problemele de conducere a sistemelor energetice, ale supravegherii și comenzii instalațiilor, la Grupele 32, 34, 35, s-a conturat o tendință de introducere pe scară largă și generalizare a utilizării calculatoarelor electronice de toate tipurile (mari, mini și micro) și a sistemelor teleinformaționale, tendință legată de creșterea performanțelor și fiabilității calculatoarelor.

Cu privire la prevenirea avariilor de sistem și lichidarea în timp scurt a avariilor, din lucrările Grupelor 32, 34 și ale unor grupe din alte secții, s-au desprins unele tendințe noi, care se referă atît la îmbunătățirea dotărilor pentru conducerea prin dispecer, cît și la îmbunătățirea fiabilității echipamentelor, aparatajului și la perfecționarea calculelor pe modele pentru analiza fenomenelor din rețele.

S-a relevat necesitatea unor preocupări viitoare la CIGRE pentru centralele electrice și a importanței insularizării centralelor pe consumuri, la avarii de sistem.

A fost semnalată și influența favorabilă a legăturilor în curent continuu, la limitarea extinderii avariilor, prin amortizarea oscilațiilor din rețelele de curent alternativ adiacente, pe care o pot realiza legăturile în curent continuu.

Recenzii

AL. FRANSUA, R. MĂGUREANU, A. CÎMPEANU, M. CONDRUC și M. TOCACI. **Mașini și sisteme de acționare electrice. Probleme fundamentale.** Editura tehnică, București, 1978.

Cartea își propune să trateze în mod unitar teoria mașinilor și a sistemelor de acționare electrică, evidențiind o bună parte din acele fenomene de bază care sînt necesare în înțelegerea și aprofundarea oricărei probleme din domeniul respectiv.

Se urmărește o abordare riguroasă a fenomenelor esențiale, iar toate considerațiile și relațiile sînt însoțite de demonstrații, baza explicațiilor fiind în majoritatea cazurilor de natură fenomenologică și mai puțin abstractă, astfel încît expunerea să fie clară și ușor de urmărit.

Principalele elemente componente ale sistemelor de acționare sînt tratate atît separat, cît și în interdependența lor, în cadrul schemelor analizate.

Cartea însumează 624 pagini, 414 figuri explicative, 150 de probleme și este împărțită în nouă capitole.

În capitolul 1 sînt expuse cîteva din legile electrotehnicii și mecanicii care au aplicații în studiul elementelor electromecanice și de asemenea unele teoreme mai importante.

În capitolul 2 sînt prezentate generalități cu privire la elementele sistemelor de acționare electrică : mașinile electrice ; mașinile de lucru ; aparate electromecanice de comandă și de protecție ; elemente electronice, elemente de transmisie, regulatoare electronice.

În continuare se dezvoltă teoria mașinilor electrice cu referiri la utilizarea lor în sistemele de acționare electrică: mașina de curent continuu (cap. 3), transformatorul și bobina de inducție (cap. 5), mașina asincronă (cap. 6), mașina sincronă (cap. 7). În capitolul 4 sînt tratate fenomenele care însoțesc funcționarea mutatoarelor cu semiconductoare utilizate ca elemente de execuție, evidențiindu-se comportarea lor ca elemente ale unui sistem.

În capitolele 8 și 9 sînt tratate sistemele de acționări în curent alternativ și respectiv sistemele de poziționare precisă.

Trebuie subliniat faptul că apariția acestei cărți constituie un eveniment științific demn de toată atenția, avînd în vedere atît scopul pe care și-l propune, cît și modul de tratare a problemelor. Este de înțeles ca o astfel de lucrare să prezinte și unele minusuri ; este însă mai greu de înțeles autoconvingerea autorilor, care afirmă : „punctul de vedere în elaborarea acestei lucrări cu această tematică este original și nu-și găsește comparație nici pe plan mondial", ceea ce se poate explica și prin faptul că unele biblioteci nu au documentația completată la zi. Pe de altă parte, cartea conține parțial un material identic cu cel publicat în cartea „Mașini și acționări electrice" de Al. Fransua, în Editura didactică și pedagogică, București — 1967 (aproximativ 270 de pagini, în bună parte reluate și în alte cărți scrise pentru diferite nivele de pregătire a cititorului, vezi spre exemplu paginile 129—164 din lucrare, identice cu paginile 21—59 din lucrarea publicată în anul 1967), plus un alt material publicat în cartea „Acționări electrice" de Al. Fransua ș.a., în Editura didactică și pedagogică, București — 1975 (aproximativ 80 de pagini, vezi spre exemplu paginile 237—262 din lucrare, identice cu paginile 201—224 din lucrarea publicată în 1975), scrisă pentru secțiile de subingineri, la care se adaugă cîteva capitole și mai multe paragrafe privind schemele de acționare și comandă cu demonstrațiile și considerațiile corespunzătoare. Dacă la aceste pagini se consideră și paginile ocupate de probleme și capitolul introductiv (80 de pagini), atunci pentru cititor este neclară contribuția nouă a autorilor la această lucrare, iar prezentarea simplistă a unor elemente (vezi, de exemplu, noțiunea de sistem) nu poate convinge că lucrarea este utilă și specialiștilor cu o înaltă calificare din domenii atît de diverse (electrotehnică, electronică, energetică, automatică, metalurgie etc.), așa cum se afirmă pe coperta de prezentare.

Această juxtapunere a materialului nu dă lucrării un caracter unitar și nici nu evidențiază problemele cu adevărat fundamentale. Prezentarea acestui conglomerat de probleme drept probleme fundamentale creează cititorilor o imagine deformată cu privire la conținutul sistemelor de acționare electrică, care reprezintă în esență o sinteză a mai multor discipline tehnice de specialitate predate la facultățile de profil (dispozitive electronice, mașini electrice, aparate electrice, mutatoare). În acest context extinderea teoriei mașinilor electrice pe un spațiu tipografic apreciabil, în dauna celorlalte componente ale sistemelor de acționare electrică, care de fapt determină comportarea dinamică a sistemului, ar putea crea dificultăți în plus cititorilor care se află la nivel de inițiere.

Lipsa criteriilor de selectare și caracterizare a problemelor fundamentale face ca volumul lucrării să fie neobișnuit de mare în comparație cu al lucrărilor despre probleme fundamentale referitoare la științe mai cuprinzătoare (matematica, fizica). Astfel, se dau multe amănunte cu privire la poziția periilor la mașina de curent continuu, însă nu găsim prea multe elemente de principiu cu privire la determinarea experimentală a

parametrilor regimurilor dinamice ale mașinilor electrice. În lucrare nu se face delimitare între ceea ce este fundamental, elementar sau clasic, problemele tratate fiind declarate pur și simplu fundamentale.

Fără nici o explicație sînt înlăturate multe probleme prezente în literatura de specialitate de înalt nivel, ca de exemplu: mărimile reprezentative (sinori), sisteme de coordonate, a doua metodă de stabilitate a lui Liapunov, transformata *Z*, acționări electrice discrete (se dau doar unele scheme care ar putea fi încadrate la acest capitol) etc.

În lucrare sînt și unele considerații imprecise sau chiar eronate și care în contextul lucrării capătă o nuanță fundamentală.

La pag. 267 se afirmă că puterea deformantă nu poate fi compensată în nici un fel, or în cursurile de electrotehnică se afirmă că o inductanță introdusă într-un circuit funcționînd în regim deformant îmbunătățește regimul deformant, iar dacă pentru îmbunătățirea factorului de putere al unei rețele se folosesc condensatoare, fără a se fi examinat în prealabil regimul de funcționare al rețelei, regimul deformant se va accentua, și în loc să se îmbunătățească factorul de putere, acesta poate fi înrăutățit.

La pag. 372 se constată că puterea aparentă a primarului unui transformator este mai mică decît puterea aparentă a secundarului, fără a se da nici o explicație, consecință a faptului că autorii consideră că în regim nesinusoidal conservarea puterilor nu este o problemă fundamentală.

Atît la pagina 437 cît și la pagina 529, trecerea de la ecuațiile generale la ecuațiile regimului staționar se face declarativ, fără a se arăta că derivata fluxului magnetic în raport cu timpul este nulă numai în sistemul de referință sincron (sistemul *d*, *q*, 0 are viteza sincronă în această deducere).

Elementele despre teoria stabilității a lui Liapunov, care se dau la pagina 534, sînt imprecise și nu dau esența acestei teorii cu aplicabilitate la mașinile electrice.

Lista ar putea continua, însă ne oprim aici pentru a sublinia că selectarea problemelor fundamentale din noianul de cunoștințe referitoare la domeniul analizat este o muncă extrem de dificilă, pentru care este necesar să se cunoască o multitudine de puncte de vedere, iar materialul trebuie selecționat pe baza unor criterii judicios întocmite.

Dacă autorii ar avea în vedere opiniile exprimate mai sus, precum și opiniile altor specialiști, este posibil ca lucrarea să fie mult îmbunătățită la o nouă ediție sau în cazul în care ar fi tradusă își în alte limbi.

Cele arătate mai sus reprezintă un răspuns colegial la dorința autorilor de a „semnala anumite deficiențe ale lucrării" și de a „face sugestii privind îmbunătățirea conținutului lucrării", pentru că în actuala formă lucrarea nu ne convinge că ar putea asigura o „inițiere completă" sau că ne oferă probleme de o covîrșitoare noutate.

Conf. dr. ing. **N. Galan**

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 66.012.3 :621.3.016.4

Михэиляну, К.: **База энергетики будущего**

Автор широко представляет развитие мирового потребления первичной энергии и исиользования ресурсов первичной энергии, настаивая на необходимости принятия национальной политики в области энергетики, основанной на познании и на существовании перспектив на мировом и долгосрочном уровне с которым должн быть связаны и соответствовать национальные программы.

Energetica 27 (1979), № 5, стр. 181–188

ДК 662.642. :662.87.004.1

Мюллер, И. А.: **Двуступенчатое размолачивание — современный метод экономии твёрдого топлива (лигнита) и увеличения ёмкости пылеуглеприготовительных установок**

Energetica 27 (1979), № 5, стм. 188–191

ДК 621.3.046.2 :621.3.019.3

Гроза, И., Замфир, С. и *Кокош, А. А.:* **Соображения относительно надежности медной трубчатой системы, используемой в энергоустановках**

Energetica 27 (19679), № 5, стр. 192–197

ДК 621.314.2 :621.315.615.2

Беднар, В., Бутнар, А. и *Беднар, Х.:* **Спектрофотометрический метод для определения концентрации в присадках присадочных минеральных масел**

Energetica 27 (1979), № 5, стр, 197–198

ДК 621.313.12 :621.3.045 :621.3.019.3

Цынцэряну, К., Крецу, Д. и *Хацеган, И.:* **Надежность статорной обмотки крупных генераторов в нормальном и неисправном режиме**

Представлен расчет электродинамических сил в нормальном и неисправленом режиме в фронтальной и позовой зоне, учитывая точность насыщенности зубов. Дается пример работы турбогенераторов 400 мва проектирование вариантов турбогенераторов 777 МВА и турбогенераторов 1200 МВА.

Energetica 27 (1979), № 5, стр. 198–207

ДК 621.316.1.064.1 :621.3.027.2

Бухуш, П. и *Суфрим, М.:* **Нормализация ступени 1140 В в сетях с изолированной нейтралью на нефтяных промыслах и рудных разработках**

Анализируются экономические преимущества, тенденции других стран и вопросы связанные с защитой против поражения током. Вместе с нормальзацией ступеней 1140 в предлагается повышение границ для категорий низкого давления от 1000 в-1250 В.

Energetica 27 (1979), № 5, стр. 208–211

ДК 621.311.4 :621.316.57 :546.22'16

Джорджеску, Б. и *Рашку, П.:* **Оптимизация строительства в СРР, соединительных электростанций 110 кв внутри зданий**

Energetica 27 (1979), № 5, стр. 211–218

ДК 621–578.3 :621.317.7

Локоди, З. и *Керекеш, И.:* **Соображения относительно погрешностей соединений вторичных цепей тока**

Energetica 27 (1979), № 5, стр. 219–226

*** **Работы XXVII-ой сесии СИГРЕ**

INHALTSVERZEICHNIS

DK 66.012.3 :621.3.016.4

Mihăileanu, C. : **Die energetische Stütze der Zukunft**

Der Autor führt einen umfassenden Abriss der Entwicklung des Gesamtverbrauchs an Primärenergie und der Verwendung primärer Energieressourcen vor, indem er die Notwendigkeit der Annahme einer nationalen Energiepolitik in den Vordergrund rückt, die auf dem Bestehen und der Kenntnis eines langfristigen, dem Weltniveau angepassten Horizonts beruhen sollte, mit welchem die nationalen Programme kompatibel sein sollen.

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 181–188

DK 662.642 :662.87.004.1

Müller, I. A. : **Die zweistufige Ausmahlung — ein modernes Verfahren zur Einsparung von festem Brennstoff (Lignit) und zur Vergrösserung der Leistung von Kohlenstaubbereitungsanlagen**

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 188–191

DK 621.3.046.2 :621.3.019.3

Groza, I., Zamfir, S. und *Cocoș, A. A.* : **Zur Frage der Lebensdauer der in den Energieerzeugungsanlagen eingesetzten Messingberohrung**

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 192–197

DK 621.314.2 :621.315.615.2

Bednar, V., Butnar, A. und *Bednar, H.* : **Ein spektralphotometrisches Verfahren zur Bestimmung der Additivum-Konzentration in den additivierten Mineralölen**

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 197–198

DK 621.313.12 :621.3.045 :621.3.019.3

Tănțăreanu, C., Crețu, D. und *Hațegan, I.* : **Die Lebensdauer der Ständerwicklung von Grossleistungs-Generatoren bei normaler und gestörter Fahrweise**

Es wird die Berechnung elektrodynamischer Kräfte an der Stirnseite und an der Nut unter genauen Berücksichtigung der Zahnsättigung vorgeführt. Es werden ferner Beispiele für den im Betrieb stehenden 400-MVA-Turbinengenerator,

für die Projektvariante des 777-MVA-Turbinengenerators sowie für den in einer ferneren Perspektive stehenden 1200-MVA-Turbinengenerators angeführt.

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 198–207

DK 621.316.1.064.1 :621.3.027.2

Buhuş, P. und *Sufrim, M.* : **Die Normalisierung der Spannungsstufe 1140 V für sternpunktisolierte Netze der Erdölfelder und Bergbaubetriebe**

Es werden die ökonomischen Vorteile, die Tendenz in anderen Ländern sowie die Folgen für den Schutz gegen Stromunfälle untersucht. Gleichzeitig mit der Normalisierung der 1140-V-Spannungsstufe wird die Erhöhung des Grenzwertes der Niederspannungskathegorien von 1000 V auf 1250 V vorgeschlagen.

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 208–211

DK 621.311.4 :.621.316.57 :546.22'16

Georgescu, B. und. *Raşcu, P.* : **Die bautechnische Optimierung der im Gebäude untergebrachten 110-kV-Schaltanlagen in der SR Rumänien**

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 211–218

DK 621-578.3 :621.317.7

Lokodi, Z. und *Kerekes, I.* : **Zur Frage der Ortung falscher Anschlüsse in den Sekundärstromkreisen**

Energetica 27 (1979), H. 5, S. 219–226

***** Die Arbeiten der 27. CIGRE-Tagung**

SOMMAIRE

CD 66.012.3 :621.3.016.4

Mihăileanu, C. : **Le support énergétique de l'avenir**

On présente un scénario détaillé concernant le développement de la consommation mondiale de l'énergie primaire et l'utilisation des ressources de l'énergie primaire. L'article met en valeur la nécessité de développer une politique énergétique nationale compatible avec les programmes nationaux, en concordance avec la politique mondiale sur l'énergie électrique de l'avenir.

Energetica 27 (1979), no. 5, p. 181–188

CD 662.642 :662.87.004.1

Müller, I. A. : **Broyage en deux étapes (à gradins) — méthode moderne en vue d'économiser le combustible solide et d'augmenter la capacité des installations qui préparent la poussière charboneuse**

Energetica 27 (1979), no. 5, p. 188–191

CD 621.3.046.2 :621.3.019.3

Groza, I., Zamfir, S. et *Cocoş, A. A.* : **Considérations concernant la fiabilité de la tuyauterie en cuivre jaune des installations énergétiques**

Energetica 27 (1979), no. 5, p. 192–197

CD 621.314.2 :621.315.615.2

Bednar, V., Butnar, A. et *Bednar, H.* : **Méthode spectrophotométrique en vue de déterminer la concentration d'additifs des huiles minérales additivées**

Energetica 27 (1979), no. 5, p. 197–198

CD 621.313.12 :621.3.045 : 621.3.019.3

Tânţăreanu, C., Creţu, D. et *Haţegan, I.* : **Fiabilité d'enroulement statorique des grands générateurs en régime normale et de défaut**

On présente le calcul des forces électrodynamiques en régime normal et de défaut dans la zone frontale et dans l'encoche ayant en vue la saturation exacte des dents. On met en évidence la turbogénératrice de 777 MVA, dans une perspective plus éloignée et pour la turbogénératrice de 1200 MVA.

Energetica 27 (1979), no. 5, p. 198–207

DC 621.316.1.064.1 :621.3.027.2

Buhuş, P. et *Sufrim, M.* : **Normalisation pour l'échelon de 1140 V dans les réseaux à neutre isolé qui se trouvent dans les champs de pétrole et les exploitations minières**

On analyse les avantages économiques, les tendances dans autres pays et les implications en ce qui concerne la protection contre les électrocutions On propose en même temps avec la normalisation pour l'échelon de 1140 V l'augmentation de la limite pour les basses tensions de 1000 V au 1250 V.

Energetica 27 (1979), no. 5, p. 208–211

CD 621.311.4 :621.316.57 :546.22'16

Georgescu, B. et *Raşcu, P.* : **Optimisation des constructions en bâtiment des stations électriques de connexion de 110 kV en Roumanie**

Energetica 27 (1979), no. 5, p. 211–218

CD 621-578.3 : 621.317.7

Lokodi, Z. et *Kerekes, I.* : **Considérations concernant les erreurs de connexion des circuits secondaires de courant**

Energetica (27), (1979), no. 5, p. 219–226

***** Les travaux de la 27-ème Session CIGRE**

CONTENTS

DC 66.012.3 :621.3.016.4

Mihăileanu, C. : **The energy backbone of the future**

The author presents a broad picture of the upward trend of overall primary energy consumptions as well as that of the uses of basic energy resources, underlining the necessity for a national power policy be implemented, on base of the existence and knowledge of a prospect both at world-wide level and in the long run, which the national programs should be correlated and consistent with.

Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 181–188

DC 662.642 :662.87.004.1

Müller, I. A. : **Two step grinding — a modern method to economy of solid fuel (lignite) and to capacity enlargement of coal dust preparation plants**

Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 188–191

DC 621.3.046.2 :621.3.019.3

Groza, I., Zamfir, S. and *Cocoş, A. A.* : **Considerations regarding reliability of aerose faucets used within power plants**

Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 192–197

DC 621.314.2 :621.315.615.2

Bednar, V., Butnar, A. and *Bednar, H.* : **Spectrophotometrical method for estimating the concentration of additivated mineral oils in addition agents**

Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 197–198

DC 621.313.12 :621.3.045 :621.3.019.3

Tânţăreanu, C., Creţu, D. and *Haţegan, I.* : **Reliability of stator windings of large generators under normal, respectively failure states**

The calculation of electrodynamic forces is presented under normal, respectively failure states in the front zone and in the slot, with an accurate consideration of teeth concentration. An example is given for the 400 MVA turbogenerator in operation, for design variants of the 777 MVA turbogenerator and — in the long run for the 1200 MVA one.

Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 198–207

DC 621.316.1.064.1 :621.3.027.2

Buhuş, P. and *Sufrim, M.* : **Normalization of the 1140 V step for insulated neutral networks at oil fields and minings**

The economic advantages, trends in other countries as well as aspects regarding electrocutation protection are analysed. Along with normalization of the 1140 V step, the repeal of restriction for low voltage cathegories (1000–1250 V) is set forth.

Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 208–211

DC 621.311.4 :621.316.57 :546.22' 16

Georgescu, B. and *Raşcu, P.* : **Optimization of building construction of electric connection substations of kV in SRR**

Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 211–218

DC 621-578.3 :621.317.7

Lokodi, Z. and *Kerekes, I.* : **Considerations regarding the connecting errors of secondary current circuits**

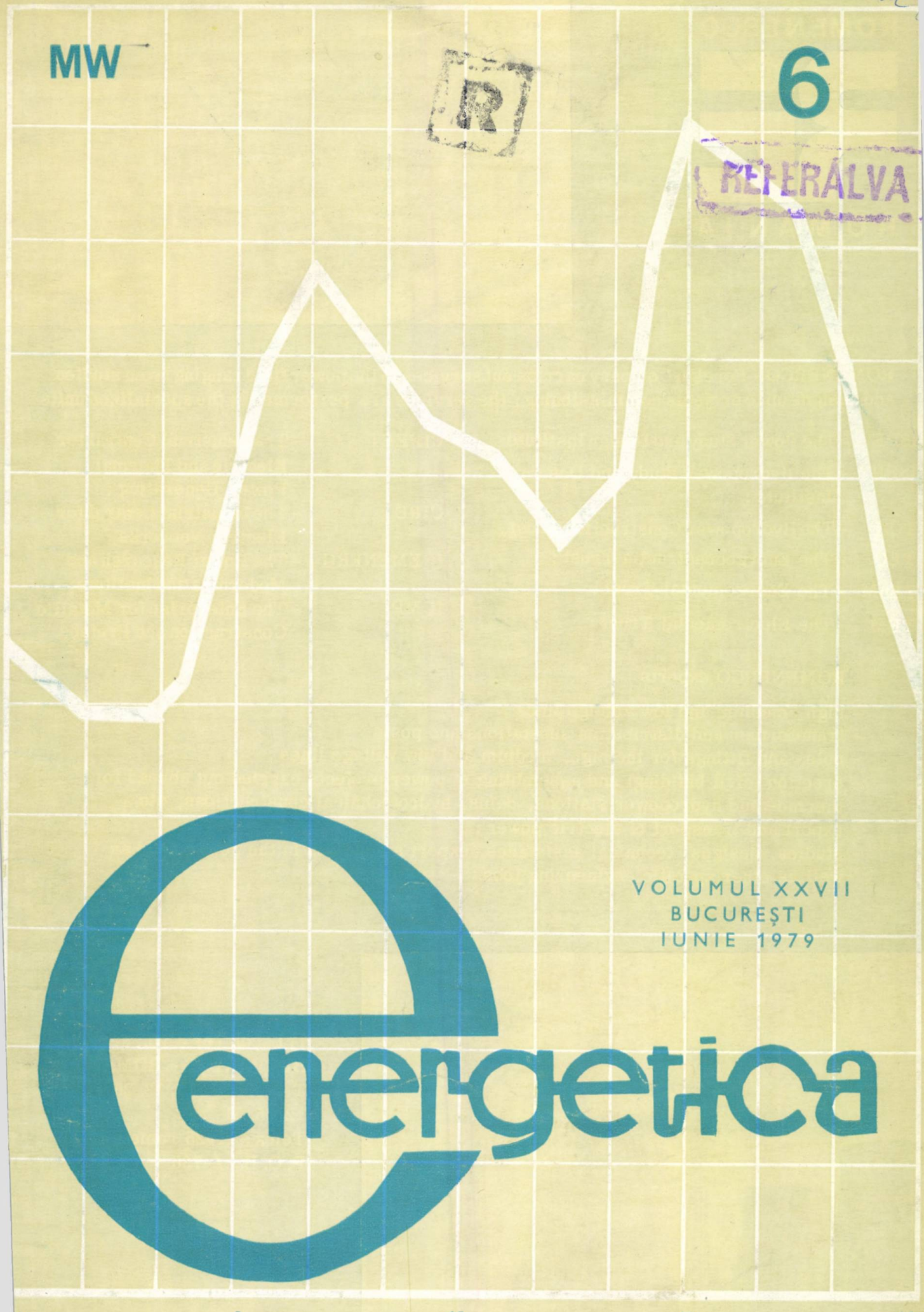
Energetica 27 (1979), nr. 5, p. 219–226

***** Proceedings of the 27th CIGRE Session**

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 4. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 4. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10 264/1979

I. P. I. c. 1354

41 401



REFERÁLVA

6

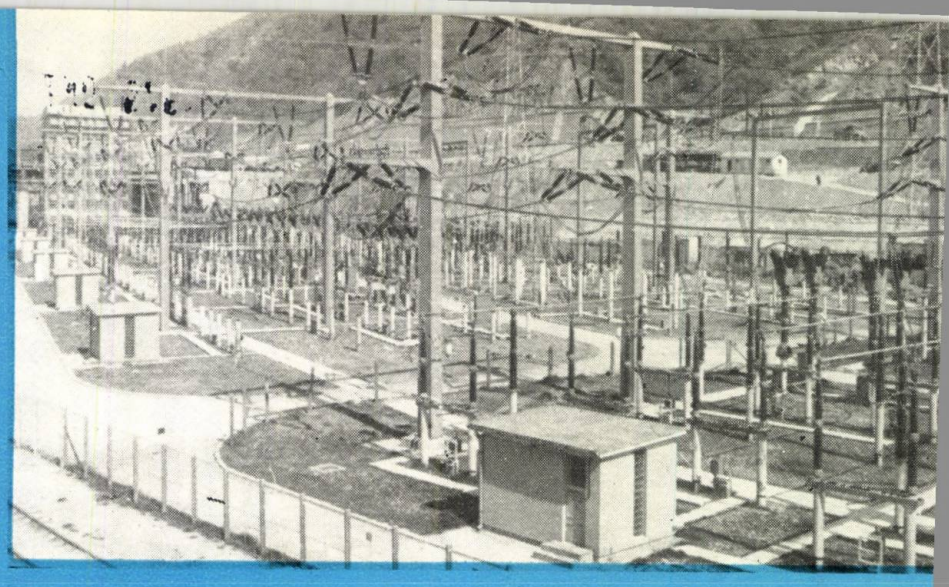
VOLUMUL XXVII
BUCUREȘTI
IUNIE 1979

energetica

ROMENERGO

RE

ROMANIA



ROMENERGO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning; the services are performed by the specialized units :

ISPE - The Power Study and Design Institute:

ISPH - The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH - The Hydropower Construction Trust;

TEC - The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM - The Energomontaj Trust ;

TEM - The Electromontaj Trust

CIPEET - The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;

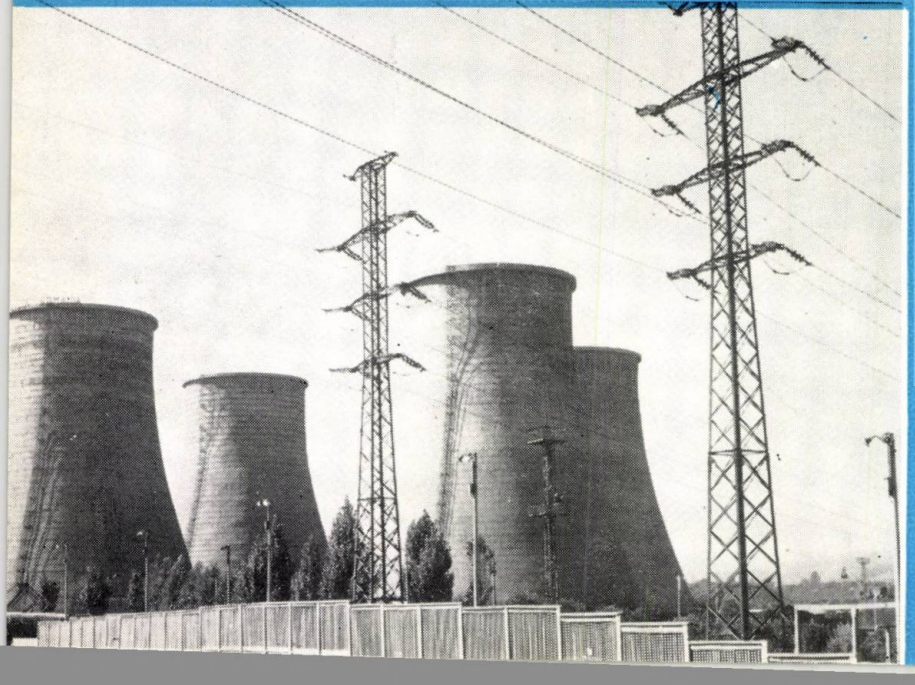
CIRE - The Industrial Central for Electric Networks ;

ICEMENERG - The Power Research and Modernization Institute;

ICMP - The Enterprise for Metallic Construction and Prefabs.

ROMENERGO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad for thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions, etc. , export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.



1, Lacul Tei Blvd.; sector II
BUCHAREST - ROMANIA
Telephone: 12. 13. 26 -
12. 05. 51
Telex: 11525 romeng-r
P. O. B. :/-736

1979 OKT 2

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 6 iunie

Cuprinsul

C. Popescu şi A. Ruiu	**Scheme termice ale centralelor solaroelectrice**	237—241
A. Leca, M.Stan şi N. Stan	**Posibilităţi de utilizare a schimbătoarelor de căldură compacte cu plăci, pentru prepararea apei calde menajere**	242—249
M. Gheorghiu şi Gh. Laza	**Utilizarea combinată şi integrată a resurselor energetice primare şi secundare în sectorul industriei sticlei şi ceramicii fine**	249—254
C. Dumitru	**Influenţa calităţii schimbului de căldură în condensatorul turbinei cu abur asupra puterii şi consumului de combustibil**	255—262
N. Kertész	**Analiza oportunităţii funcţionării unei centrale electrice de termoficare echipate cu turbine DSL-50 cu presiune variabilă a aburului viu**	262—265
W. Gooss, şi Cr. Balint	**Rolul caracteristicilor de spumare ale uleiurilor aditivate, în exploatarea sigură a turboagregatelor moderne**	265—268
Fl. Predan	**Dimensionarea economică a unei reţele buclate de distribuţie a energiei electrice**	268—271
M. Dăncilă	**Asupra necesităţii montării cordoanelor de şuntare a elementelor de îmbinare a lanţurilor de izolatoare din staţiile de 110—400 kV**	272—276
L. Lup	**Rezerve de putere în exploatarea sistemelor electroenergetice**	277—281
D. Stambuliu şi Constanţa Gheorghe	**Despre recepţia echipamentelor energetice şi despre obligaţiile şi răspunderea care derivă din aceasta**	281—288

RECENZII

CRONICĂ

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific al
Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.47

Попеску, К. и *Рую, А.*: **Тепловые схемы солнечных электростанций**

Представлена схема солнечных электростанций тепловой классической цепи.

Energetica 27 (1979 , № 6, стр. 237–241

ДК 621.3.046.2

Лека, А., Стан, М. и *Стан, Н.* **Возможности использования сплошных теплообменников с пластинами для подготовки горячей воды в хозяйственных целях**

Авторы представляют основные преимущества в связи с заменой существующих трубчатых теплообменников, используемых в настоящее время для подготовки горячей воды с хозяйственной целью в тепловых пунктах с сплошными теплообменниками с пластинами.

Energetica 27 (1979), № 6, стр. 242–249

ДК 662.61:338.062.219.3

Георгиу, М. и *Лаза, Г.*: **Комбинированное и полное использование первичных и вторичных энергетических источников в стекольной промышленности и тонкой керамике**

Показана деятельность в связи с экономией энергии: путем улучшения горения топлива в печах (осуществление более повышенных температур), путем тепловой изоляции печей и путем рекуперации вторичных энергетических источников (тепло сгоревших газов) для подогрева воздуха сгорания собственной технологической воды и воды для третичных пользователей.

Energetica 17 (1979), № 6, стр. 249–254

ДК 621.165:621.175

Думитру, К.: **Влияние качества теплообмена в конденсаторе паротурбины на мощность и расход топлива**

Energetica 27 (1979), № 6, стр. 255–262

ДК 621.311.22/23:621.165

Кертес, Н.: **Анализ уместности функционирования ТЭЦ, оборудованной турбинами ДСЛ—50 с переменным давлением живого пара**

Анализируется влияние скользящего давления на удельный чистый расход тепла одной турбины ДСЛ — 50.

Energetica 27 (1979), № 6, стр 262–265

ДК 621.313.322-81:665.41

Гоосс, В. и *Балинт, К.*: **Роль характеристик пенообразования присадочных масел в надежной эксплуатации современных турбоагрегатов**

Описываются свойства пенообразования, их изменения во время окисления турбинных масел, а также путь влияния механических примесей и воды на эти характеристики.

Energetca 27 (1979), № 6, стр. 265–268

ДК 621.316.1

Предан, Ф.: **Оптимальный выбор размера сложной распределительной электрической сети**

Energetica 27 (1979), № 6 стр. 268–271

ДК 621.311.4:621.3.014.3

Дэнчилэ, М.: **О необходимости установки шунтирующих шнуров в соединительных элементах изоляторной гирлянды в подстанциях 110—400 кВ**

Анализируются эффекты интенсивных токов короткого замыкания над составляющими элементами изоляторной гирлянды подстанции. Устанавливаются условия необходимые для усиления путём утечки токов короткого замыкания путём использования некоторых шунтирующих шнуров.

Energetica 27 (1979), № 6, стр. 272–276

ДК 621.311.161

Луп, Л.: **Резервы мощности во время эксплоатации электроэнергетических систем.**

Energetica 27 (1979),№ 6. стр. 277–281

ДК 621.2.016.4.002.5

Стамбулиу, Д. и *Георге, К.*: **О приёме энергооборудования и вытекающих отсюда обязанностях и ответственности**

Energetica 27 (1979), № 6, стр. 281–288

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.47

Popescu, C. und *Ruiu, A.*: **Thermische Schaltbilder der Sonnenkraftwerke**

Es werden Schaltbilder der Sonnenkraftwerke mit herkömmlichen thermischen Kreisen vorgeführt.

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 237–241

DK 621.3.046.2

Leca, A., Stan M. und *Stan, N.*: **Verwendungsmöglichkeiten von Plattenwärmetauschern kompakter Bauart zur Bereitung von warmen Haushaltswasser**

Die Verfasser führen die wichstigsten Erwägungen zugunsten einer Ersetzung der heute in den Wärmezentralen bei der Aufbereitung des warmen Haushaltswassers verwendeten Rohrwärmetauscher mit kompakten Plattenwärmetauschern vor.

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 242–249

DK 662.61:338.062.219.3

Gheorghiu, M. und *Laza, Gh.*: **Kombinierte und integrierte Nutzung primärer und sekundärer Energieressourcen im Bereich der Glas- und Feinkeramik**

Es werden Wege zu einer Energieeinsparung durch die Verbesserung der Brennstoffverbrennung im Ofen (Erzielung höherer Temperaturen) durch eine bessere Wärmeisolation der Öfen und durch die Rückgewinnung sekundärer Energieressourcen (Abgaswärme) zur Vormärmung der Verbrennungsluft, des Heiz- und Gebrauchswassers für den eigenen Verbrauch und für andere Abnehmer aufgezeigt.

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 249–254

DK 621.1565:621.175

Dumitru, C.: **Der Einfluss der Qualität des Wärmeaustausches im Dampfturbinenkondensator auf die Leistung und den Brennstoffverbrauch**

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 255–262

DK 621.311.22/23:621.165

Kertesz, N.: **Untersuchung der Zweckmässigket des Betriebes eines mit DSL-50-Turbinen mit variablem Frischdampfdruck ausgerüsteten Heizkraftwerkes**

Es wird der Einfluss des gleitenden Frischdampfdruckes auf den spezifischen Netto-Wärmeverbrauch einer DSL-50-Dampfturbine untersucht.

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 262–265

DK 621.313.322–81:665.41

Goos, W. und *Balint, Cr.*: **Die Rolle der Schäumungseigenschaften additivierter Öle im sicheren Betrieb moderner Turbinensätze**

Es wird die Schäumungseigenschaft und ihre Abwandlung im Laufe der Oxydation der Turbinenöle sowie die Art und Weise untersucht, in der diese Eigenschaft durch Feststoff- und Wasserverunreinigung beeinflusst wird.

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 265–268

DK 621.316.1

Predan, Fl.: **Die sparsame Bemessung eines vermaschten Netszes zur Verteilung elektrischer Energie**

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 268–271

DK 621.311.4:621.3.014.3

Dăneilă, M.: **Zur Frage der Notwendigkeit der Montage von Seilen zur Kurzschliessung der Verbindungsteile von Isolatorenketten in den 110-bis 400-kV-Schaltanlagen**

Es werden die Auswirkungen starker Kurzschlussströme auf die Bestandteile der Isolatorenketten der Schaltanlagen untersucht. Ferner werden die Bedingungen erörtert, unter welchen eine Verstärkung der Ableitwege für Kurzschlussströme unter Verwendung von Kurzschluss-Seilen erreicht werden kann.

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 272–276

DK 621.311.161

Lup, L.: **Leistungsreserven im Betrieb elektrischer Energiesysteme**

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 277–281

DK 621.3.016.4.002.5

Stambuliu, D. und *Gheorghe, C.*: **Zur Frage der Abnahme von energietechnischen Ausrüstungen und der daraus entstehenden Verantwortlichkeit**

Energetica 27 (1979), H. 6, S. 281–288

SOMMAIRE

CD 621.47

Popescu, C. et *Ruiu, A.* : **Schémas thermiques des centrales électriques solaires**

On présente les schémas des centrales électriques solaires à circuit thermique classique.

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 237–241

CD 621.3.046.2

Leca, A., Stan, M. et *Stan, N.* : **Utilisation des échangeurs de chaleur à plaques en vue de préparer l'eau chaude ménagère**

Les auteurs présentent des arguments à l'avantage du remplacement des actuels échangeurs de chaleur à calandre avec des échangeurs à plaques pour la préparation de l'eau chaude ménagère dans les postes de chauffage urbains.

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 242–249

CD 662.61 :338.062.219.3

Gheorghiu, M. et *Laza, Gh.* : **Utilisation combinée et integrée des ressources énergétiques primaires et secondaires dans l'industrie du verre et de la céramique fine**

On présente les préoccupations dans l'économie d'énergie, notamment : le perfectionnement du brûlage dans le four (réalisation des hautes températures), isolation thermique des fours dans le but de récupérer les ressources énergétiques secondaires (la chaleur des gaz brûlés), pour le préchauffage de l'air de combustion, de l'eau technologique, de l'eau pour chauffage et pour des groupes sociaux propres et des tiers.

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 249–254

CD 621.165 :621.175

Dumitru, C. : **Influence de la qualité d'échange calorifique sur la puissance et la consommation de combustible dans le condenseur de la turbine à vapeur**

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 255–262

CD 621.311.22/23 :621.165

Kertesz, N. : **Oportunité du fonctionnement d'une centrale à production combinée chaleur/force équipée de turbines DSL-50 à pression variable de la vapeur fraîche**

On examine l'influence de la pression de glissement sur la consommation spécifique et nette de la chaleur dans le cas d'une turbine DSL-50.

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 262–265

CD 621.313.322–81 :665.41

Gooss, W. et *Balint, Cr.* : **Le rôle des propriétés de moussage des huiles additivées dans l'exploitation sûre des turbo-agrégats modernes**

On décrit les caractéristiques de moussage, leur variation pendant l'oxydation des huiles de turbine, ainsi que la manière dans laquelle elle sont influencées par les impurités mécaniques et par l'eau.

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 265–268

CD 621.316.1

Predan, Fl. : **Dimensionnement économique d'un réseau maillé de distribution d'énergie électrique**

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 268–271

CD 621.311.4 :621.3.014.3

Dăncilă, M. : **Sur la nécessité de prévoir des cordons à shunter les accessoires de suspension des chaînes d'isolateurs des postes à 110–400 kV**

On analyse les effets des courants forts de court-circuit sur les éléments composants des chaînes d'isolateurs des postes à HT. On établit les conditions dans lesquelles est nécessaire de renforcer le trajet du courant de court-circuit en utilisant des cordons à shunter.

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 272–276

CD 621.311.161

Lup, L. : **Réserves de puissance dans l'exploitation des systèmes électro-énergétiques**

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 277–281

CD 621.3.016.4.002.5

Stambuliu, D. et *Gheorghe, C.* : **Sur la réception des équipements énergétiques et sur les obligations et la responsabilité qui en résulte**

Energetica 27 (1979), no. 6, p. 281–288

CONTENTS

DC 621.47

Popescu, C. and *Ruiu, A.* : **Thermal schemes of solar power stations**

The paper describes the schemes of solar power stations with standard type thermal circuits.

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 237–241

DC 621.3.046.2

Leca, A., Stan, M. and *Stan, N.* : **Utilization possibilities of compact plate heat exchangers for domestic hot water preparation**

The authors present the main arguments for replacement of present tubular heat exchangers, used at thermal points for preparation of domestic hot water, with plate type compact heat exchange devices.

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 242–249

DC 662.61 :338.062.219.3

Gheorghiu, M. and *Laza, Gh.* : **Combined and integrated utilization of primary and secondary energy resources in glass and fine ceramics industries**

There are shown the concerns to energy sparing, namely : improvement of furnace combustion of fuel (achievement of high temperatures), thermal insulation of furnaces and recovery of secondary energy resources (heat of burnt gases), preheating of combustion air, process water, heating water and own social groups as well as water for other users.

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 249–254

DC 621.165 :621.175

Dumitru, C. : **Influence of heat exchange in steam turbine condenser on power and fuel consumption**

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 255–262

DC 621.311.22/23 :621.165

Kertesz, N. : **Analysis of operational opportunities of a combined thermal and power station provided with a DSL-50 type turbine with variable pressure of fresh steam**

There is analysed the influence of the sliding pressure on the net specific consumption of a DSL-5 type turbine.

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 262–265

DC 621.313.322–81 : 665.41

Gooss, W. and *Balint, Cr.* : **The influence of frothing characteristics of additivated oils on the safe operation of modern turboaggregates**

The frothing characteristics, their variation during oxydation of turbine oils, as well as the way these characteristics are influenced by the mechanical impurities and water are described along the paper.

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 265–268

DC 621.316.1

Predan, Fl. : **Economical dimensioning of a loop network of electric energy distribution**

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 268–271

DC 621.311.4 :621.3.014.3

Dăncilă, M. : **On the necessity of employing shunting cords with connecting elements of insulator chains within 110–400 kV substations**

There is analysed the effect of strong short-circuit currents on the components of insulator chains within substations. The conditions for which the strengthening of leakage paths of short-circuit currents by employing shunting cords, are also established.

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 272–276

DC 621.311.161

Lup, L. : **Power reserves in power system operation**

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 277–281

DC 621.3.016.4.002.5

Stambuliu, D. and *Gheorghe, C.* : **On power equipment reception and the obligations and responsibility which result from it**

Energetica 27 (1979), nr. 6, p. 281–288

Scheme termice ale centralelor solaroelectrice

Ing. C. Popescu
și ing. A. Ruiu*)

Preocupările privind obținerea la scară industrială a energiei electrice de origine solară sînt relativ recente, avînd la bază necesitatea asigurării unor resurse noi, capabile să le înlocuiască pe cele clasice. Utilizarea energiei solare, fără modificări importante ale concepțiilor tehnologice actuale, presupune adaptarea schemelor existente de producere a energiei electrice la caracteristicile radiației solare :

— densitate relativ mică, media mondială fiind de circa 1 kW_t/m^2 ;

— diferențe valorice datorate alternanței zi-noapte, fluctuațiilor zilnice funcție de condițiile meteorologice locale și variațiilor sezoniere ale densității de radiație solară.

Aceste caracteristici fac ca funcționarea centralelor solare să prezinte trăsături specifice, legate în primul rînd de obținerea competitivității cu soluțiile clasice. În lucrare sînt prezentate schemele unor CSE**) care oferă acestei probleme o rezolvare acceptabilă în raport cu condițiile tehnico-economice actuale. Marea varietate de tipuri impune însă în prealabil o enunțare a criteriilor de clasificare a CSE.

CLASIFICAREA CENTRALELOR SOLAROELECTRICE

În literatura de specialitate, factorii care definesc încadrarea CSE în una sau alta din categorii (tabelul 1) sînt de obicei asociați sistemului de colectare a energiei solare. De aceea pentru o apreciere de ansamblu, din punct de vedere termodinamic, a opțiunilor tehnologice apărute pînă în prezent, se pornește de la observația că conversia energiei solare în energie electrică se poate realiza pe baza a două variante mai importante :

A. Scheme cu două circuite (fig. 1a)

B. Scheme cu un singur circuit (fig. 1b)

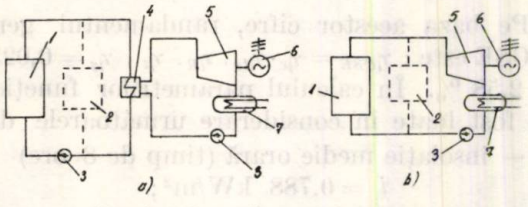


Fig. 1. Scheme de centrale solare :
a — cu două circuite ; *b* — cu un singur circuit.
1 — cîmp colector ; *2* — acumulator de căldură (opțional) ; *3* — pompă ;
4 — schimbător de căldură ; *5* — turbină ; *6* — generator ; *7* — condensator.

*) Ing. Constantin Popescu este șeful secției de energetică generală, industrială și surse noi de energie din ICEMENERG ; ing. Adrian Ruiu este cercetător științific în cadrul aceleiași secții.

**) În lucrare se va folosi pentru noțiunea de „centrală solaroelectrică" prescurtarea „CSE". Se menționează de asemenea că referirile la CSE privesc numai centralele cu ciclu termic clasic.

Tabelul 1

Clasificarea CSE

Nr. crt.	Criteriul de clasificare	Tipul de CSE
1	Mobilitatea colectoarelor	Cu colectoare fixe Cu colectoare mobile
2	Cantitatea de radiație captată de cîmpul colector	Cu captatori orizontali (bazine de colectare orizontale — max. 0,23 kW_t/m^2) ; Cu captatori înclinați (colectoare fixe sau mobile, înclinate la un unghi egal cu latitudinea locului — max. 0,27 kW_t/m^2) Cu captatori de urmărire (colectoare mobile și captarea radiației directe — max. 0,35 kW_t/m^2 sau totale — max. 0,40 kW_t/m^2)
3	Gradul de focalizare al radiației în cîmpul colector	Cu colectoare plane Cu concentratori bidimensionali Cu concentratori tridimensionali
4	Durata de funcționare	Cu acumulare de căldură Fără acumulare de căldură
5	Valoarea puterii instalate	De mică putere (10—500 kW) De medie putere (500—10000 kW) De mare putere (peste 10 MW)

Din punctul de vedere al randamentelor obținute, schema cu un singur circuit apare mai avantajoasă. Variantele cu două circuite, deși cu randamente mai slabe, sînt totuși folosite, deoarece prezintă mai puține complicații, îndeosebi în ceea ce privește sistemul de captare a energiei.

A. Scheme cu două circuite

1. *CSE cu bazine de colectare a radiației solare*

Așa cum reiese din tabelul 1, acest gen de centrală dispune de sistemul de captare cu performanțele cele mai scăzute (valoarea maximă a fluxului captat atinge doar 65 — 75 % din ceea ce se poate obține la sistemele cu colectoare mobile). Cu toate acestea, centralele solare cu bazine de colectare au o serie de avantaje, din care citățm :

— tehnologie accesibilă de realizare ;

— cost scăzut în comparație cu centralele ce dispun de sisteme de focalizare a radiației ;

— întreținere nepretențioasă.

Schema unei astfel de centrale de 10 MW_e și cu o funcționare de 24 ore/zi [1] este redată în figura 2. Fluidul de lucru utilizat este freonul 11.

Căldura necesară evaporării acestuia se obține de la apa provenită dintr-un rezervor subteran de stocare. În timpul zilei radiația solară este captată de 1600 bazine cu circulație de apă,

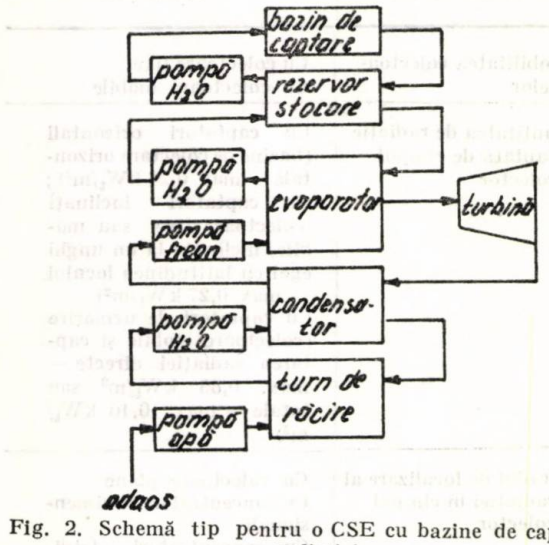


Fig. 2. Schemă tip pentru o CSE cu bazine de captare a radiației.

avînd dimensiunile 4×200 m fiecare, acoperite cu 2 sau 3 straturi subțiri de plastic transparent, rezistent la intemperii. Apa intră într-un astfel de bazin cu 70°C, se încălzește cu 5°C, după care este trimisă în rezervorul de stocare, de unde este preluată de pompele de circulație ale evaporatorului. În evaporator, căldura înmagazinată de apă este cedată freonului, apa fiind apoi retrimisă în rezervor (dimensiunile unui astfel de rezervor ating 1000 m lungime, 20 m lățime și 10 m adîncime). După destinderea din turbină, vaporii de freon sînt răciți în condensator, lichidul obținut fiind preluat de pompele de freon și trimis din nou spre evaporator. Cele două

Tabelul 2

Parametrii funcționali pentru o CSE cu bazine colectoare

Nr. crt.	Denumire	Simbol	Valoare	U.M.
1	Flux mediu de calcul	θ_{zi}	250	W/m²
2	Randament termodinamic	η_{td}	10	%
3	Randament ciclu Carnot	η_{ca}	16	%
4	Randament ciclu Rankine	η_R	12	%
5	Randament turbină	η_t	75—85	%
6	Randament generator	η_g	98	%
7	Randament global CSE	η	3,5	%
8	Temperatură apă intrare colector	t_{ai}	70	°C
9	Temperatură apă ieșire colector	t_{ae}	75	°C
10	Temperatură freon intrare turbină	t_{fi}	70	°C
11	Temperatură freon ieșire condensator	t_{fe}	15	°C
12	Presiune freon intrare turbină	p_{fi}	4,1	bar
13	Presiune freon ieșire turbină	p_{fe}	1,28	bar
14	Putere medie anuală a CSE	P	10	MW

circuite ale centralei se disting astfel clar : circuitul primar al apei, alcătuit din bazinele de captare, rezervorul de stocare și evaporator, și circuitul secundar, al freonului, format din evaporator, turbină și condensator (evaporatorul apare ca un element de legătură între cele două circuite). Principalele date termodinamice ale centralei sînt redate în tabelul 2.

2. *CSE cu colectoare înclinate*

a) *CSE cu colectoare plane.* Încălzirea apei din circuitul primar la o temperatură mai ridicată decît în cazul bazinelor de colectare se poate realiza cu ajutorul colectoarelor plane, înclinate, la un unghi egal cu latitudinea locului de amplasare. În figura 3 este redată o schemă tipică pentru CSE cu colectoare [4], avînd caracteristicile următoare :

- Colectoare — Fixe, înclinate la un unghi egal cu latitudinea locului, 2 straturi de geamuri, acoperire selectivă, grosime izolație = 7,5 cm, randament $\eta_c = 30$ % la 95°C.
- Sistemul de transport al căldurii — Apă sub presiune, conducte din oțel slab aliat, izolație din vată de sticlă, randament de transport $\eta_{tr} = 0{,}94$ (pierderi de căldură = = 5 %, putere de pompare = = 1 %).
- Ciclu de lucru — Freon 11, ciclu Rankine, randament $\eta_R = 11$ % la 95°C, randament turbină $\eta_t = 80$ %, randament generator $\eta_g = 98$ %, temperatura de condensație = 24°C.

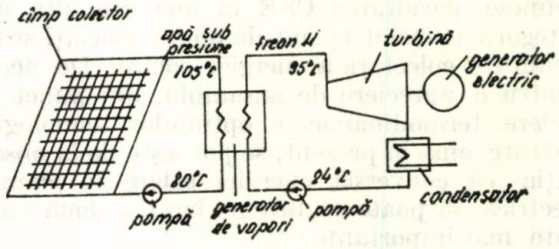


Fig. 3. CSE cu captatori plani.

Pe baza acestor cifre, randamentul general al CSE este : $\eta_{CSE} = \eta_c \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_R \cdot \eta_t \cdot \eta_g = 0{,}0258 = 2{,}58$ %. În calculul parametrilor funcționali au fost luate în considerare următoarele date :

— insolație medie orară (timp de 8 ore)
$i = 0{,}788$ kW/m² ;

— factorul mediu anual de sarcină, $f = 0{,}333$.

b) *CSE mixte (cu colectoare plane și parabolice).* Pentru regiunile cu număr mare de ore de însorire, o schemă interesantă propune firma „Dornier" din R.F.G., care utilizează în cîmpul colector două categorii de captatori. La o putere instalată de 10 kW, în circuitul primar apa este încălzită prin intermediul a 400 m² colectoare plane și 200 m² colectoare parabolice (cu con-

centrare bidimensională*), dotate cu sisteme de urmărire a soarelui (fig. 4). Energia reţinută este cedată în circuitul secundar prin intermediul

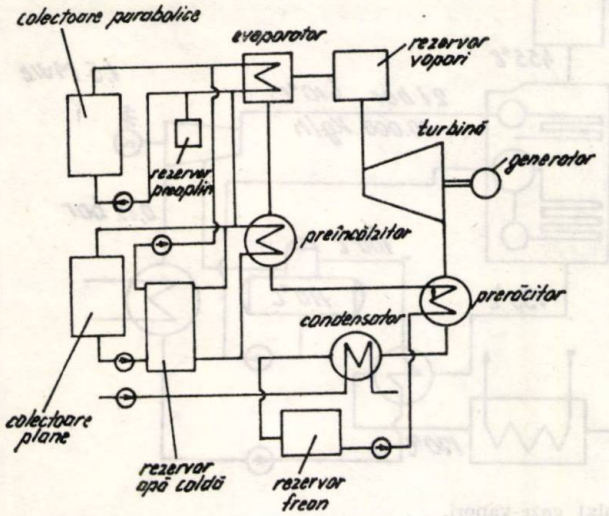


Fig. 4. CSE cu sistem mixt de captatori plani şi parabolici.

unui schimbător de căldură. Fluidul de lucru din acest circuit este freon R 113.

Principalele date tehnice ale centralei sînt următoarele :

— putere instalată	10 kW_e
— total suprafaţă colectoare	600 m^2
— agent de transport în circuitul primar	apa
— agent de lucru în circuitul secundar	R113
— temperatura maximă a apei la ieşirea din colectoarele parabolice	125°C
— temperatură freon la intrarea în turbină	105°C
— temperatură condensaţie freon	36,5°C
— randament mecanic turbină	98%
— turaţie turbină	42 000 r.p.m.
— randament generator electric	98%

De remarcat că pentru o centrală de 10 kW_e, utilizînd o schemă de lucru identică cu cea redată în figura 3, dar avînd în circuitul primar numai colectoare parabolice cu factor de concentrare 10, suprafaţa cîmpului colector este de numai 300 m^2, iar temperatura apei poate atinge 135°C [3].

B. Scheme cu un singur circuit

Datele prezentate în legătură cu CSE cu două circuite evidenţiază randamentele scăzute de funcţionare ale acestor centrale. Din acest motiv, investiţia în cîmpul colector este mare (datorită dimensiunilor acestuia), iar kilowatt-ora obţinută este mai scumpă decît în cazul centralelor cla-

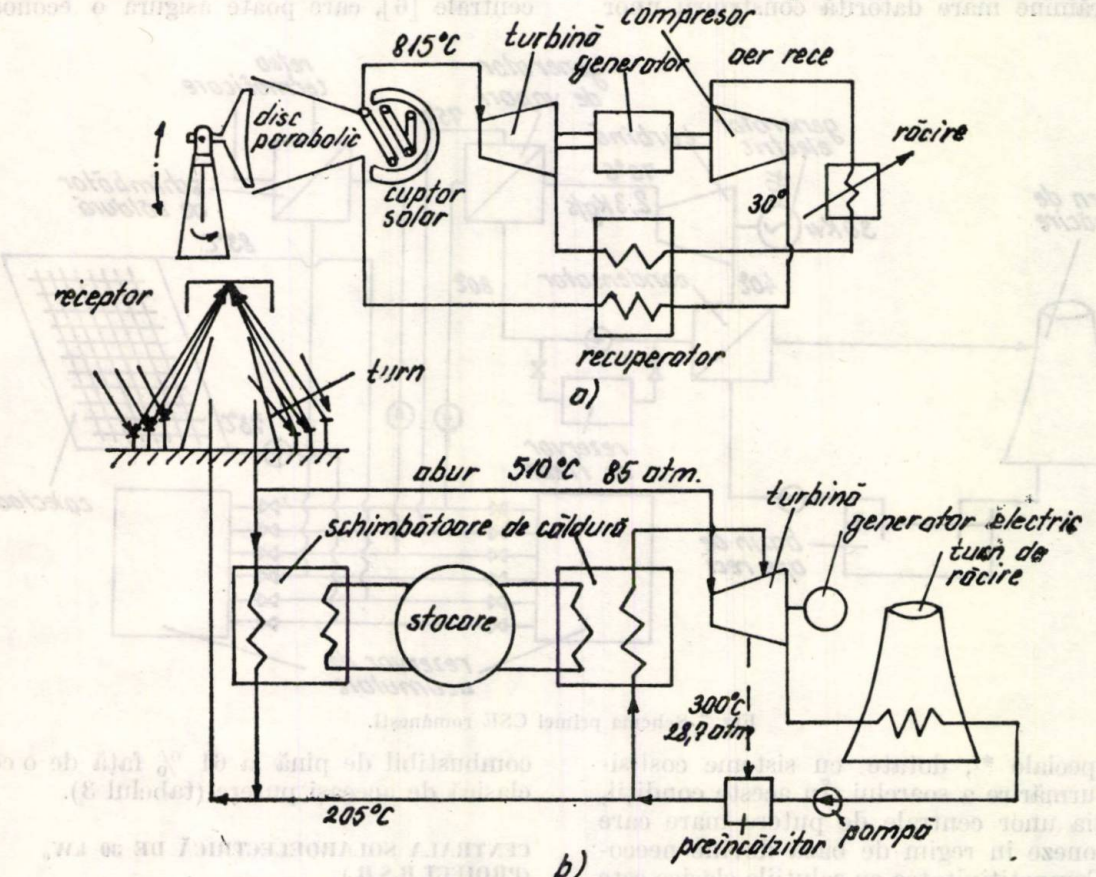


Fig. 5. Schemele de funcţionare ale CSE cu un singur circuit.
a — după un ciclu Brayton ; *b* — după un ciclu Rankine.

sice. Ridicarea parametrilor de funcţionare ai centralelor solare şi deci şi a randamentului se poate obţine în cadrul schemelor cu un singur circuit (fig. 5). Valorile ridicate ale parametrilor

*) Un captator cu concentrare bidimensională focalizează radiaţia solară de-a lungul unei axe ; comparativ, concentrarea tridimensională se referă la focalizarea radiaţiei solare într-un punct.

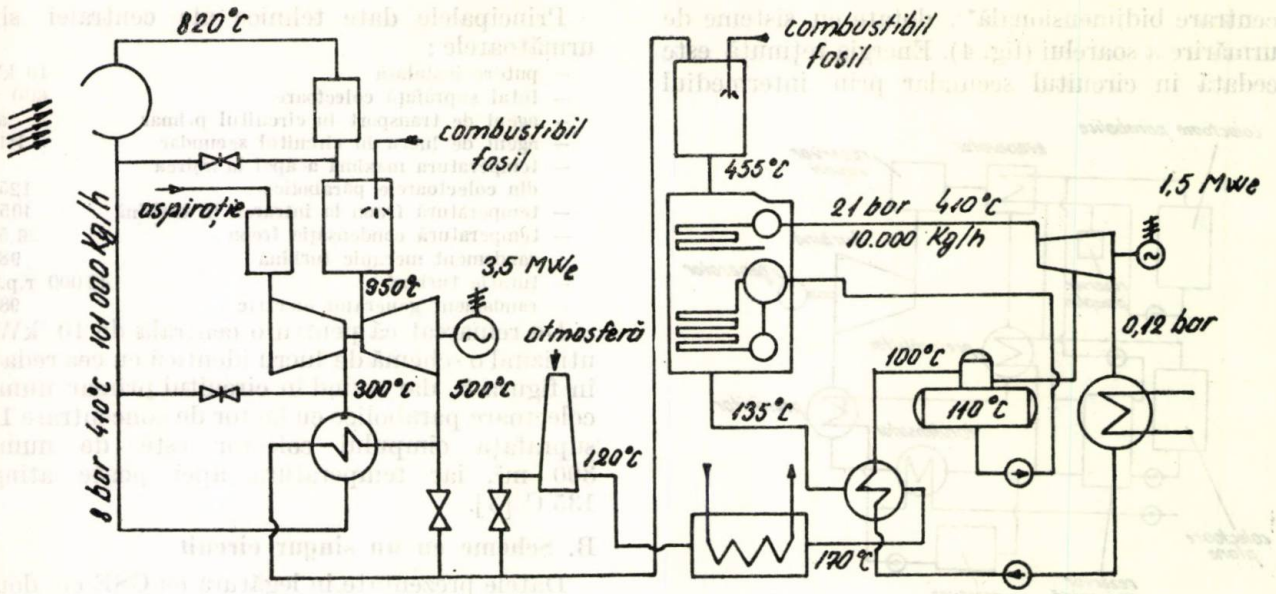


Fig. 6. CSE cu ciclu mixt gaze-vapori.

de lucru permit folosirea turbinelor de serie şi a agenţilor termodinamici obişnuiţi, cum ar fi apa şi gazele. Cu toate acestea, investiţia în cîmpul colector rămîne mare datorită construirii unor oglinzi speciale *), dotate cu sisteme costisitoare de urmărire a soarelui. În aceste condiţii, construcţia unor centrale de putere mare care să funcţioneze în regim de bază devine neeconomică. Competitivitatea cu soluţiile clasice este restabilită dacă se utilizează un ciclu mixt gaze-vapori, în care gazele sînt încălzite cu ajutorul energiei solare, iar vaporii se obţin într-un generator de abur obişnuit alimentat cu combustibil fosil. Figura 6 prezintă schema unei astfel de centrale [6], care poate asigura o economie de combustibil de pînă la 61 % faţă de o centrală clasică de aceeaşi putere (tabelul 3).

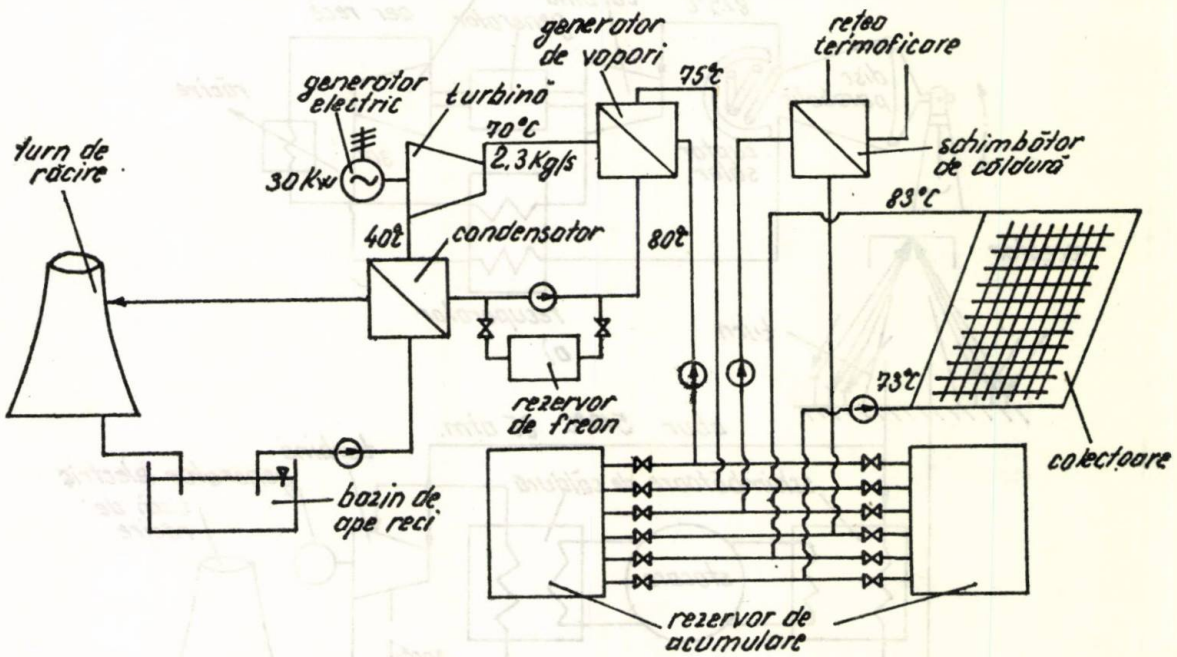


Fig. 7. Schema primei CSE româneşti.

*) În cazul centralelor cu turn (fig. 5 b) care dispun de o concentrare tridimensională, oglinzile se numesc heliostate.

CENTRALA SOLAROELECTRICĂ DE 30 kW_e (PROIECT R.S.R.)

În cadrul planului de valorificare de noi resurse energetice, în ICEMENERG a fost realizat proiectul unui CSE de 30 kW_e cu colectoare plane, avînd drept fluid de lucru freonul 11. Schema de funcţionare aleasă (fig. 7) are

Tabelul 3

Economia de combustibil realizată de o CSE cu ciclu mixt

Nr. crt.	Valoarea insolației W/m²	Funcționarea anuală h/an	Consumul de combustibil		Economia de combustibil	
			Centrala solară t/an	Centrala clasică t/an	t/an	%
1	800	1000	620	1592	972	61
2	650	2000	1457	3185	1728	54
3	600	2500	1746	3891	2235	56
4	400	3000	2518	4777	2259	47

două circuite: în primul circuit apa este încălzită de către radiația solară pînă la circa 83°C și stocată apoi într-un rezervor de acumulare, de unde este extrasă și trimisă la generatorul de vapori de freon, unde ajunge cu circa 80°C; returul de apă, cu temperatura de circa 75°C, este stocat într-un al doilea rezervor, de unde apa este preluată pe pompe și trimisă din nou la colectoare. Freonul din circuitul secundar are la intrarea în turbină 70°C și 4,1 bar. Destinderea se produce într-o singură treaptă, axială, turbina rotindu-se cu o turație de 3000 r.p.m. La evacuarea din turbină, freonul are 40°C și 1,2 bar.

Dat fiind că centrala are un caracter experimental, s-a prevăzut ca, în cazul absenței radiației solare, căldura necesară vaporizării freonului să fie preluată din rețeaua de termoficare prin intermediul unui schimbător de căldură de suprafață. Dimensionarea corespunzătoare a acestui schimbător poate face ca centrala să funcționeze utilizînd orice sursă de căldură de potențial scăzut (energie geotermică. surse de căldură reziduală din industrie etc.).

CONCLUZII

Producerea la scară industrială a energiei electrice de origine solară este perfect posibilă cu ajutorul tehnologiei actuale. Soluțiile tehnice aplicate în cadrul schemelor adoptate pentru funcționarea CSE sînt costisitoare, în special datorită caracteristicilor radiației solare, amintite la începutul lucrării. Faptul că schemele termice ale CSE prezintă însă o anumită flexibilitate, în sensul posibilităților de adaptare la o mare varietate de condiții de însorire, face ca viitorul acestor centrale să depindă în special de rațiuni economice. Deși prețul de cost al kWh de origine solară este ridicat, CSE își au încă de pe acum domenii precise de aplicații, indiferent de posibilitățile economice ale țărilor ce doresc instalarea unor asemenea centrale. Astfel, țările dezvoltate din punct de vedere industrial, care dispun de o infrastructură energetică solidă, cu o rețea electrică dezvoltată, pot utiliza, în prima fază, CSE cu ciclu mixt, în vederea economisirii combustibililor fosili. Pentru țările în curs de dezvoltare, din care o mare parte se găsesc în regiuni cu grad ridicat de însorire, avantajele construirii CSE sînt mai evidente. Deoarece marea majoritate a acestor țări nu dispun de o rețea electrică dezvoltată, nevoile de energie vor putea fi acoperite cu ajutorul unui număr corespunzător de CSE de mică putere, capabile să asigure încărcarea optimă a rețelei.

Bibliografie

[1] Clark, A. F., Day J. A., Dickinson, W. C. și Wouters, L. F. *The shallow solar pond energy conversion system: an analysis of a conceptual 10 MWe Plant* — 1974.

[2] *Dornier solar energy technology.*

[3] * * * *Austrian 10 kWe solar power plant* — Viena 1977.

[4] Selcuk, M. K. *Solar thermal conversion.* International Symposion Workshop on Solar Energy, Cairo, 1978.

[5] Courent, R. *La production de force motrice à partir de l'énergie solaire.* Journée d'études organisée le 31 mars 1977 par la 12e section de la Société des Electriciens, des Electroniciens et des Radioélectriciens.

[6] Bellofatto, O. și Micheli, C. *Centrale elioter-moelettrica ibrida solare/convenzionale a 5 MWe con turbina a gas a ciclo aperto (Brayton).* Studi ed applicazioni energia solare.

(Articol intrat în redacție la 9 noiembrie 1978)

Posibilităţi de utilizare a schimbătoarelor de căldură compacte cu plăci pentru prepararea apei calde menajere

Dr. ing. **A. Leca**,
Ing. **M. Stan**,
Ing. **N. Stan***)

În contextul actual al creşterii eficienţei utilajelor folosite în cadrul tuturor proceselor industriale, în scopul micşorării consumului de materiale şi energie, se impune ridicarea performanţelor echipamentelor de transfer de căldură prin adoptarea unor soluţii constructive economice, uneori complet diferite de tipul celor convenţionale (aparatele tubulare cu ţevi şi manta).

Lucrarea de faţă prezintă principalele elemente în favoarea înlocuirii actualelor schimbătoare de căldură de tip tubular folosite în prezent pentru prepararea apei calde menajere în punctele termice, cu aparate de schimb de căldură compacte cu plăci. Aceasta a rezultat în urma unui studiu teoretic şi experimental, prin testarea aparatului compact cu plăci în condiţiile impuse de folosirea lui în scopul menţionat [1].

Schimbătoarele de căldură compacte cu plăci (SCP)

Aceste aparate sînt alcătuite dintr-un pachet de plăci, de obicei identice, aliniate la partea superioară şi inferioară pe bare de susţinere între două capace sau rame rigide şi strînse (presate) cu buloane sau cu un dispozitiv de comprimare (fig. 1) [2].

În general, plăcile au patru orificii în colţuri, deschise sau oarbe, după necesitate. Ştuţurile pentru fluide ajung prin capace la pachetul de plăci.

Între plăci este creat un spaţiu liber pentru trecerea fluidului prin menţinerea plăcilor la distanţe egale de către adînciturile, muchiile sau striurile transversale ale acestora. Unul dintre fluide trece prin fiecare al doilea spaţiu dintre plăci, de la un orificiu dintr-o extremitate a plăcii la orificiul corespunzător din cealaltă extremitate. Al doilea fluid trece prin cele două orificii rămase, în spaţiile formate pe celelalte părţi ale plăcilor. Căldura este deci transferată prin suprafaţa plăcilor, în limitele garniturilor marginale, de la un fluid la altul.

Prin ondularea suprafeţei plăcilor se obţine mărirea atît a suprafeţei de schimb de căldură, cît şi a turbulenţei fluidelor care curg în canalele formate de două plăci vecine.

*) Conf. dr. ing. Aureliu Leca, asist. ing. Mihaela Stan şi asist. ing. Nicolae Stan sînt cadre didactice la Catedra de centrale electrice, Facultatea de energetică, Institutul politehnic Bucureşti.

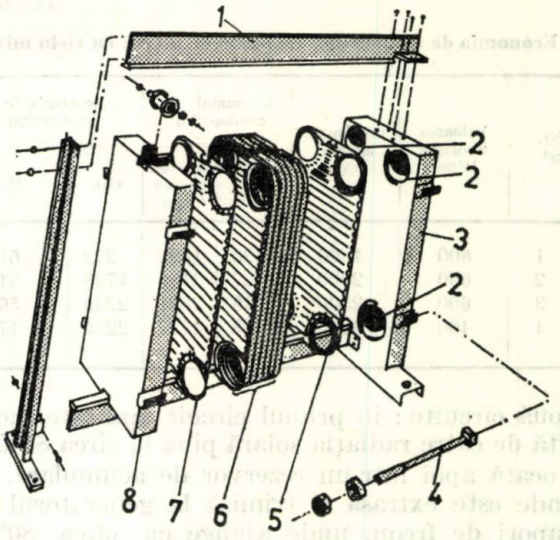


Fig. 1. Părţile constructive ale SCP :
1 — bară de susţinere; *2* — ştuţuri; *3* — capac fix; *4* — bulon pentru strîngere; *5* — placă de capăt cu patru orificii; *6* — canale formate de plăci; *7* — placă de capăt cu patru orificii oarbe; *8* — capac de strîngere.

Cînd cele două fluide sînt conduse într-o singură trecere, ca în figura 2, plăcile au toate cele patru orificii perforate, unul în fiecare colţ, excepţie făcînd plăcile de capăt, situate înaintea plăcii de strîngere, care au toate orificiile oarbe. Fiecare fluid trece numai într-o singură direcţie prin orificii, fiecare al doilea orificiu fiind un orificiu de trecere, cu o garnitură inelară în jurul său, pentru prevenirea pătrunderii unui fluid în celălalt.

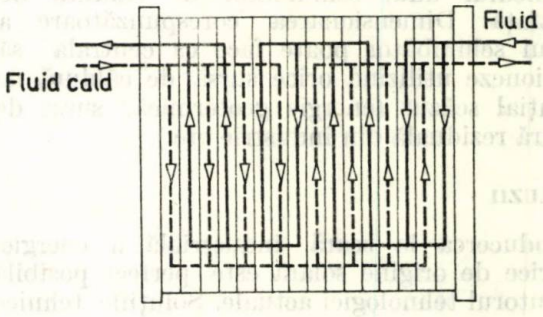


Fig. 2. Schema circulaţiei fluidelor într-un SCP.

Plăcile pot fi dispuse în mai multe grupuri, printr-o aranjare corespunzătoare a orificiilor perforate şi oarbe. Cînd curgerea în echicurent trebuie să fie întreruptă, orificiul corespunzător va fi orb şi fluidul va intra în grupul următor prin orificiul perforat corespunzător în celălalt capăt al plăcii, astfel încît curgerea prin canalele acestui grup va fi în sens invers.

Schimbarea sensului curgerii unui fluid poate fi făcută în diferite puncte ale pachetului de plăci, independent de celălalt fluid. Canalele pentru fiecare fluid pot, deci, independent unul de altul, să fie aranjate în paralel sau în serie în cadrul aceluiaşi număr total de plăci.

Din punctul de vedere al rezistenţei, plăcile sînt proiectate să reziste, cu mici deformaţii

elastice posibile, fără deformaţii plastice (permanente) la diferenţa de presiune cerută, pe întreaga suprafaţă a plăcii.

Plăcile sînt presate cu adînciturі, muchii sau striuri pe întreaga suprafaţă a lor, asigurîndu-se rigiditatea necesară. Acestea îmbunătăţesc turbulenţa şi schimbul de căldură.

Două plăci alăturate pot avea striurile paralele, acestea fiind întrerupte din loc în loc de „punţi" pentru menţinerea spaţiului necesar între plăci (fig. 3, *a*) sau încrucişate, dacă fie-

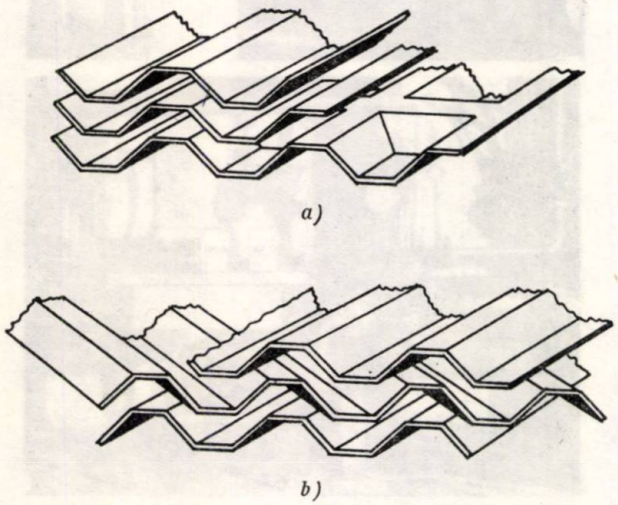


Fig. 3. Aşezarea a două plăci alăturate într-un SCP.
a — plăcile au striurile paralele; *b* — plăcile au striurile încrucişate.

care a doua placă este rotită cu un unghi de 180°, fiecare punct de încrucişare fiind un punct de sprijin pentru menţinerea spaţiului dintre plăci (fig. 3, *b*). Cel de-al doilea mod de aşezare a plăcilor are avantajul unei rigidităţi sporite şi al unei turbulenţe crescute.

Grosimea plăcilor este cuprinsă între 0,5 şi 1,2 mm, iar spaţiul dintre plăci depăşeşte rareori 5—6 mm.

Plăcile se pot construi într-o gamă variată de forme şi dimensiuni. Ele pot fi executate din materiale diferite, ca oţel-carbon, aluminiu, alamă şi aliaje de alamă, oţel inoxidabil etc., în funcţie de fluidele folosite şi condiţiile de funcţionare.

Garniturile sînt confecţionate, în general, din cauciuc, răşini întărite, butil, neopren, asbest, în funcţie de temperatura de lucru şi fluidele utilizate. Parametrii maximi de funcţionare sînt 25 bar suprapresiune şi 130°C, la utilizarea garniturilor de cauciuc, sau 200°C, la utilizarea celor de asbest.

Forma secţiunii transversale a garniturilor depinde de plăcile utilizate. Cele mai folosite sînt garniturile cu secţiune dreptunghiulară, trapezoidală sau ovală. Lăţimea garniturilor este de ordinul 5—15 mm, în funcţie de spaţiul dintre plăci. Înainte de comprimare, grosimea lor este cu 15—50 % mai mare decît spaţiul dintre plăci, aceasta depinzînd de material, de secţiunea transversală şi elasticitatea garniturii.

Garniturile sînt fixate în şanţuri speciale la marginea plăcilor. Adezivul sau liantul folosit trebuie să asigure un contact bun în timpul funcţionării şi totodată posibilitatea de desfacere a pachetului de plăci. De asemenea, acesta trebuie să permită posibilitatea de scoatere a unei garnituri fără un efort exagerat.

Una dintre caracteristicile cele mai importante ale schimbătoarelor de căldură compacte cu plăci este turbulenţa sporită a regimului de curgere a fluidelor în canalele dintre plăci, datorită formei plăcilor, ceea ce determină un coeficient de schimb de căldură mai ridicat decît la alte tipuri de aparate. Astfel, chiar la numere Reynolds (Re) foarte scăzute, sub 200—300, iar la cîteva tipuri de aparate cu plăci sub 100, regimul este încă turbulent.

O altă caracteristică a acestui tip de aparat este aceea că toate canalele corespunzătoare fiecărui fluid pot fi aşezate în paralel sau serie, după necesitate. Numărul canalelor în paralel este determinat de valorile debitelor şi de pierderile de presiune, iar numărul trecerilor în serie şi, prin urmare, lungimea suprafeţei de schimb de căldură sînt determinate de regimul de temperaturi. Deci se pot realiza uşor condiţii optime de lucru pentru ambele fluide în ceea ce priveşte viteza, temperatura, pierderea de presiune etc.

La schimbătoarele de căldură cu plăci, chiar după instalare se pot schimba performanţele cerute, prin rearanjarea plăcilor, capacele de strîngere rămînînd neschimbate.

Repararea acestor aparate se face cu uşurinţă, prin înlocuirea plăcilor sau garniturilor defecte.

Din punctul de vedere al întreţinerii curate a suprafeţei de schimb de căldură, este de remarcat că, datorită turbulenţei ridicate în spaţiul dintre plăci, fenomenul de depunere este relativ redus. Curăţirea acestor aparate se poate face manual, prin simpla desfacere a unor buloane, întreaga suprafaţă de schimb de căldură fiind accesibilă pentru curăţire, sau chimic, deoarece regimul de curgere este pronunţat turbulent şi debitul de fluid este distribuit uniform pe toată secţiunea de curgere.

Studiul experimental

a) *Descrierea instalaţiei*

Încercarea experimentală a avut ca obiect schimbătorul de căldură cu plăci tip TRAP—6, produs de întreprinderea „Tehnofrig"-Cluj-Napoca (fig. 4). Acest aparat este alcătuit din: placa-suport, plăci cu suprafaţă ondulată din oţel inoxidabil (26 bucăţi, cu suprafaţa totală de schimb de căldură de 4,32 m^2), garnituri din cauciuc alimentar, placa de strîngere şi şuruburi de strîngere cu piuliţe. Masa aparatului este de 193 kg. Circulaţia celor două fluide în aparat se realizează în contracurent.

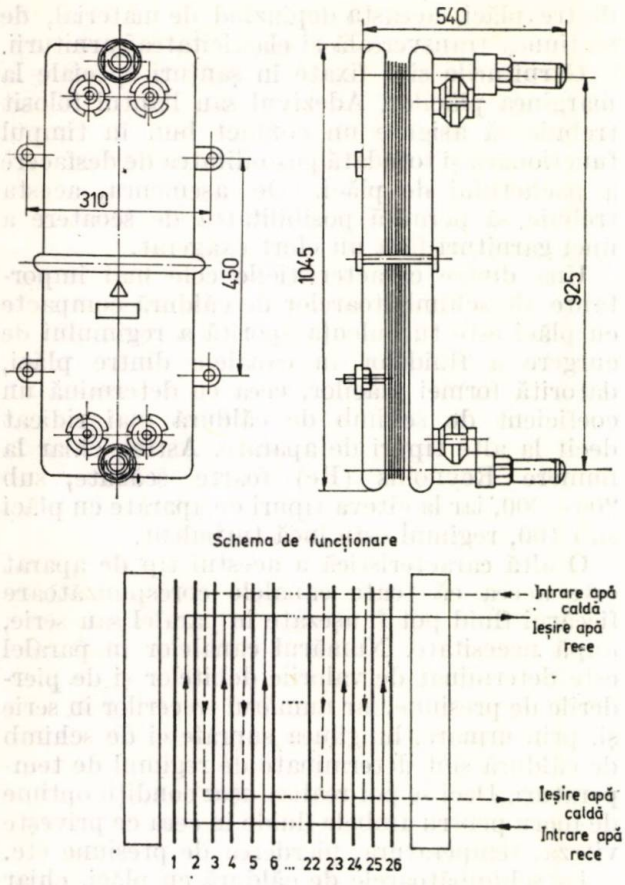


Fig. 4. Schimbătorul de căldură cu plăci tip TRAP-6.

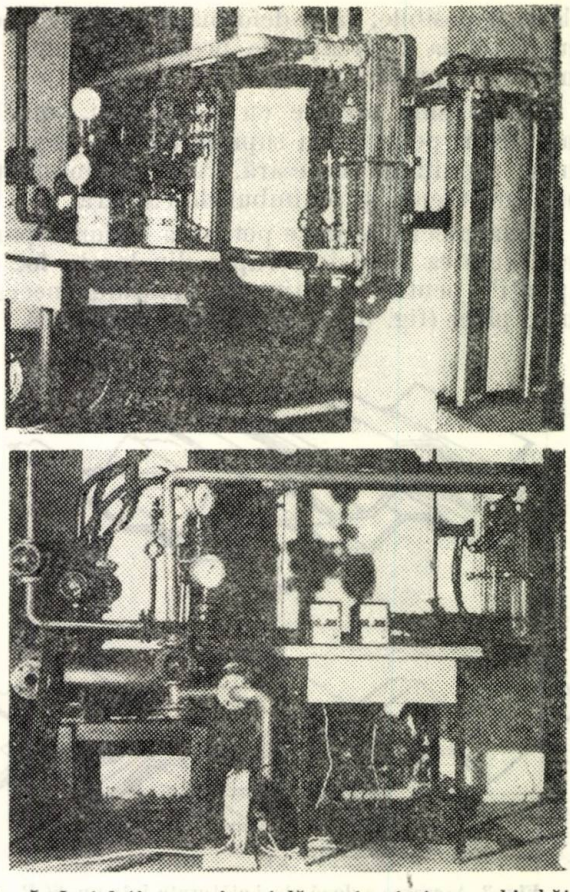


Fig. 5. Instalație experimentală pentru testarea schimbătorului de căldură cu plăci.

Instalația experimentală (fig. 5), a cărei schemă este reprezentată în figura 6, a fost realizată în CET-laborator din Institutul politehnic București. Apa caldă este introdusă în aparatul de schimb de căldură cu plăci, *1*, cu ajutorul electropompei *3*, care aspiră din rezervorul *2* și este evacuată din aparat la canal. Racordul de intrare a apei reci este legat la rețeaua de apă potabilă, iar cel de ieșire, la canal. Debitele de apă caldă și apă rece se pot varia cu ajutorul ventilelor *4* și, respectiv, *5*. Instalația a fost dotată cu aparate de măsură pentru :

— măsurarea temperaturilor de intrare și de ieșire ale celor doi agenți de lucru : termometre

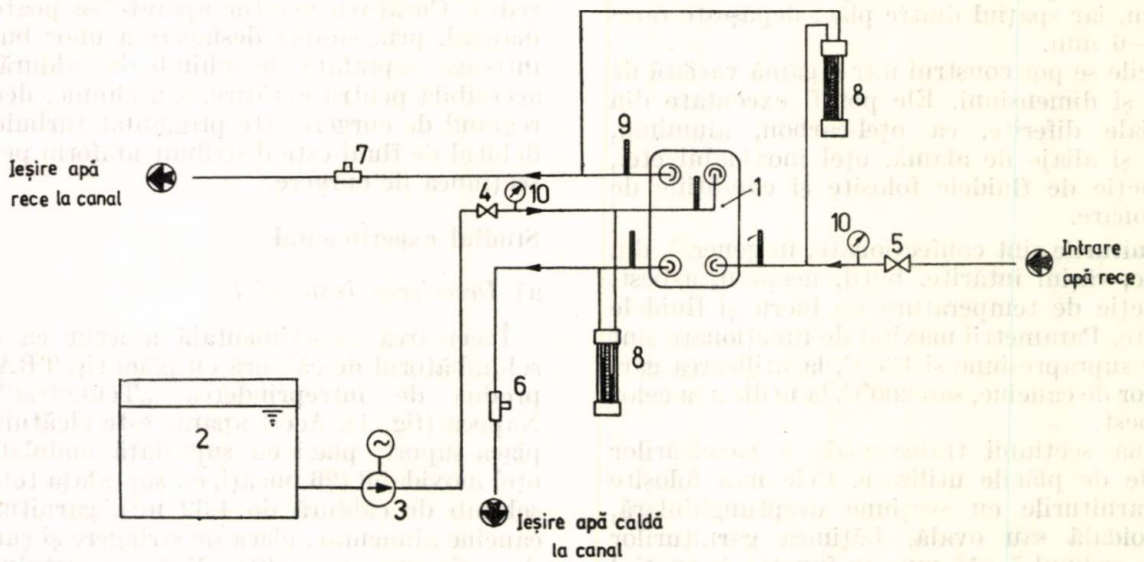


Fig. 6. Schema instalației experimentale pentru testarea schimbătorului de căldură cu plăci :
1 — schimbător de căldură cu plăci ; 2 — rezervor ; *3* — electropompă pentru apă caldă ; *4*, *5* — ventile de reglare ; *6* — Turboquant — dispozitiv inductiv tip HB 18/8 ; *7* — Turboquant — dispozitiv inductiv tip HB 50/70 ; *8* — manometre diferențiale ; *9* — termometre ; *10* — manometre.

cu mercur cu diviziuni de 0,1°C, care asigură o precizie de ± 0,15°C;

— măsurarea presiunilor celor două fluide de lucru: manometre cu element elastic cu clasa de precizie 0,6 și domeniul de măsură 0—4 kgf/cm²;

— măsurarea diferențelor dintre presiunile de intrare și ieșire ale celor două fluide: manometre cu tub U cu mercur cu diviziuni de 1 mm;

— măsurarea debitelor celor doi agenți de lucru: debitmetre de tip Turboquant, alcătuite dintr-un dispozitiv inductiv de tip turbină, pentru care se admite o abatere de ± 0,5 %, și un aparat electronic de prelucrare a semnalului cu clasa de precizie 1,5.

b) *Măsurători efectuate. Rezultate obținute*

În timpul experimentării s-a urmărit efectuarea măsurătorilor necesare determinării performanțelor aparatului de schimb de căldură în condițiile utilizării lui pentru prepararea apei calde menajere. S-au efectuat măsurători pentru diferite temperaturi de intrare ale apei calde și diferite debite ale agenților de lucru. Cu ajutorul datelor obținute s-au determinat, prin calcul, sarcina termică și coeficientul global de schimb de căldură realizate de aparat.

Ținînd seama de clasa de precizie a aparatelor de măsură utilizate, la care se adaugă unele perturbări care nu au putut fi evitate (variația presiunii și temperaturii apei din rețeaua de apă potabilă, apariția unor impurități în circuit care pot influența funcționarea debitmetrului etc.), a rezultat că măsurătorile au fost făcute în limitele unor erori de ±10%. În figurile 7, 8 și 9 sînt reprezentate variațiile sarcinii termice Q și ale coeficientului global de schimb de căldură

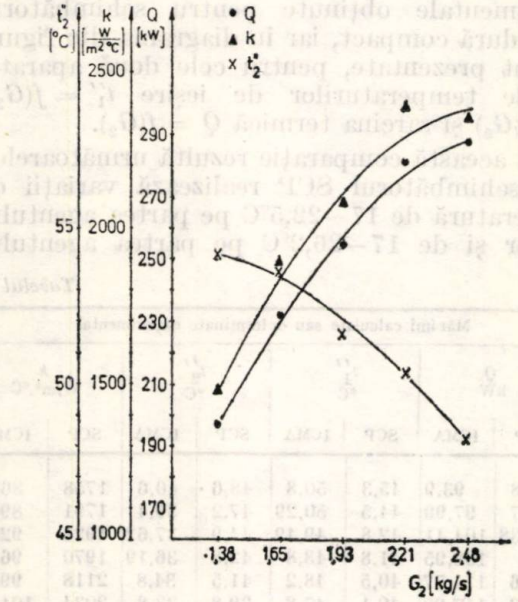


Fig. 7. Variațiile $Q = f(G_2)$, $k = f(G_2)$, $t_2'' = f(G_2)$ pentru $G_1 = 1{,}92$ kg/s, $t_1' = 90°C$, $t_2' = 20°C$.

k în funcție de temperatura de intrare a apei calde și de debitul de apă rece, calculate pe baza rezultatelor experimentale obținute.

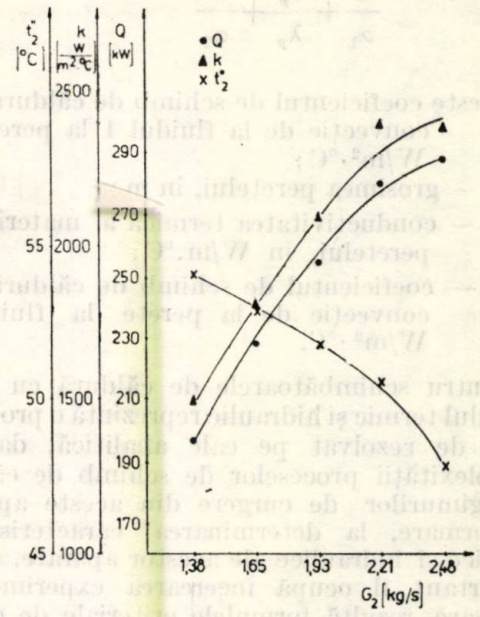


Fig. 8. Variațiile $Q = f(G_2)$, $k = f(G_2)$, $t_2'' = f(G_2)$ pentru $G_1 = 1{,}92$ kg/s, $t_1' = 80°C$, $t_2' = 20°C$.

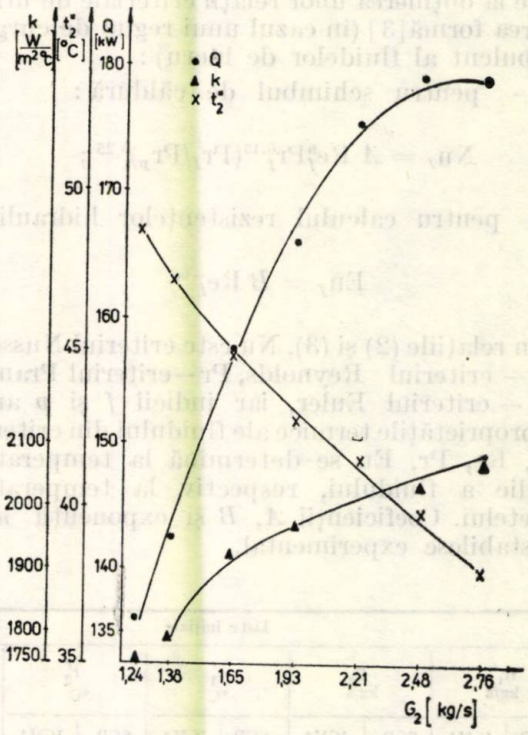


Fig. 9. Variațiile $Q = f(G_2)$, $k = f(G_2)$, $t_2'' = f(G_2)$ pentru $G_1 = 1{,}92$ kg/s, $t_1' = 62{,}5°C$, $t_2' = 22{,}5°C$.

c) *Relații pentru dimensionarea termică și hidraulică*

Pentru un schimbător de căldură cu plăci, coeficientul global de schimb de căldură se calcu-

leză cu relaţia :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{C]}, \quad (1)$$

unde

α_1 este coeficientul de schimb de căldură prin convecţie de la fluidul 1 la perete, în W/m^2·°C ;

δ_p — grosimea peretelui, în m ;

λ_p — conductivitatea termică a materialului peretelui, în W/m.°C ;

α_2 — coeficientul de schimb de căldură prin convecţie de la perete la fluid, în W/m^2 ·°C.

Pentru schimbătoarele de căldură cu plăci, calculul termic şi hidraulic reprezintă o problemă greu de rezolvat pe cale analitică, datorită complexităţii proceselor de schimb de căldură şi regimurilor de curgere din aceste aparate. Ca urmare, la determinarea caracteristicilor termice şi hidraulice ale acestor aparate, un loc important îl ocupă încercarea experimentală din care rezultă formulele criteriale de calcul.

Prelucrarea datelor experimentale pentru schimbătoarele de căldură cu plăci poate conduce la obţinerea unor relaţii criteriale de următoarea formă[3] (în cazul unui regim de curgere turbulent al fluidelor de lucru) :

— pentru schimbul de căldură :

$$\text{Nu}_f = A\,\text{Re}_f^n \text{Pr}_f^{0,43} (\text{Pr}_f/\text{Pr}_p)^{0,25} ; \quad (2)$$

— pentru calculul rezistenţelor hidraulice :

$$\text{Eu}_f = B\,\text{Re}_f^{-m} \quad (3)$$

În relaţiile (2) şi (3), Nu este criteriul Nusselt ; Re — criteriul Reynolds, Pr — criteriul Prandtl, Eu — criteriul Euler, iar indicii f şi p arată că proprietăţile termice ale fluidului din criteriile Nu, Re, Pr, Eu se determină la temperatura medie a fluidului, respectiv la temperatura peretelui. Coeficienţii A, B şi exponenţii n, m se stabilesc experimental.

Relaţiile pentru calculul termic şi hidraulic al aparatului testat au fost determinate prin prelucrarea rezultatelor experimentale pe baza regresiei liniare. Relaţiile obţinute în acest mod sînt :

$$\text{Nu}_f = 0{,}14\ \text{Re}_f^{0,63}\text{Pr}_f^{0,43} ; \quad (4)$$

$$\text{Eu} = 34{,}14\ \text{Re}_f^{-0,565}. \quad (5)$$

În literatura de specialitate [3], pentru aparate asemănătoare cu cel testat, pentru calculul termic se recomandă relaţia :

$$\text{Nu}_f = 0{,}165\ \text{Re}_f^{0,65}\text{Pr}_f^{0,43}, \quad (6)$$

care dă valori apropiate de formula experimentală obţinută.

Comparaţia schimbătorului de căldură compact cu plăci cu schimbătorul de căldură secţional de tip I.P.B., utilizat în prezent pentru prepararea apei calde menajere

Schimbătorul de căldură cu plăci (SCP) testat a fost comparat cu un aparat secţional ICMA, tip I.B.P. (B 19 Am/2 ×2,5), care are aceeaşi suprafaţă de schimb de căldură cu primul, $S = 4{,}32$ m^2, în cazul în care temperaturile de intrare ale agenţilor primar şi secundar (t_1' şi t_2') şi debitele de agent primar şi secundar (G_1 şi G_2) sînt aceleaşi pentru cele două aparate.

În tabelul 1 sînt prezentate rezultatele calculelor efectuate conform [4] pentru schimbătorul de căldură ICMA, în comparaţie cu rezultatele experimentale obţinute pentru schimbătorul de căldură compact, iar în diagrama din figura 10 sînt prezentate, pentru cele două aparate, curbele temperaturilor de ieşire $t_1'' = f(G_2)$, $t_2'' = f(G_2)$ şi sarcina termică $Q = f(G_2)$.

Din această comparaţie rezultă următoarele :

— schimbătorul SCP realizează variaţii de temperatură de 17—22,5°C pe partea agentului primar şi de 17—26,2°C pe partea agentului

Tabelul 1

Date iniţiale										Mărimi calculate sau determinate experimental							
G_1 kg/s		G_2 kg/s		t_1' °C		t_2' °C		S m^2		Q kW		t_1'' °C		t_2'' °C		k W/m^2.°C	
SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA
		1,24								135,8	93,9	45,3	50,8	48,6	40,6	1758	868
		1,38								142,7	97,99	44,5	50,29	47,2	39,4	1791	894
		1,65								157,38	104,41	42,8	49,49	44,9	37,62	1921	928
1,92		1,93		62,5		22,5		4,32		166	109,95	41,8	48,8	42,8	36,19	1970	962
		2,21								175,6	114,77	40,5	48,2	41,5	34,8	2118	992
		2,48								179,3	117,98	40,1	47,8	39,8	33,8	2034	1013
		2,76								179,11	118,87	40	47,4	38	32,9	2070	1034

secundar, în timp ce la schimbătorul ICMA aceste variații sînt de numai 12—15°C și, respectiv, 10—18°C;

— coeficientul global de schimb de căldură variază la aparatul ICMA între 868 și 1034 W/m².°C, în timp ce la schimbătorul cu plăci are valori de 1758—2118 W/m².°C;

— sarcina termică a aparatului SCP este cu aproximativ 50% mai mare decît a aparatului ICMA cu aceeași suprafață de schimb de căldură.

O a doua comparație între cele două tipuri de aparate s-a făcut considerînd că prin ambele schimbătoare de căldură trec aceleași debite de

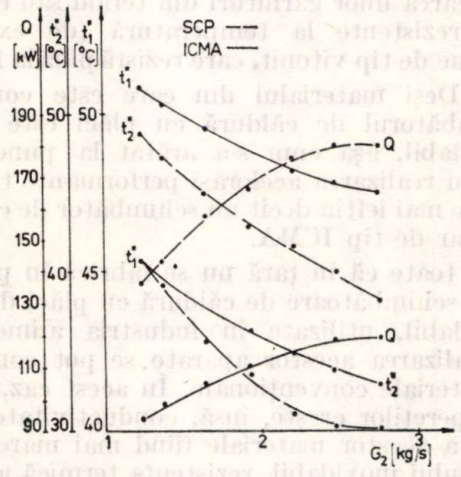


Fig. 10. Variațiile $t_1'' = f(G_2)$, $t_2'' = f(G_2)$, $Q = f(G_2)$ pentru $G_1 = 1{,}92$ kg/s, $t_1' = 62{,}5$°C, $t_2' = 22{,}5$°C.

fluid, cu aceleași temperaturi de intrare și realizînd aceleași temperaturi la ieșire, prin urmare aceeași sarcină termică. Această comparație s-a făcut din punctul de vedere al coeficienților globali de schimb de căldură, k, suprafețelor de schimb de căldură necesare, S, și pierderilor de presiune pe partea fluidului primar, Δp_1 și secundar Δp_2.

În tabelul 2 sînt date rezultatele calculelor efectuate pentru aparatul ICMA și rezultatele experimentale pentru schimbătorul SCP, iar în figurile 11 și 12 sînt reprezentate variațiile $k = f(G_2)$ și $\Delta p = f(G_2)$ pentru cele două schimbătoare de căldură.

Analizînd rezultatele obținute în cazul unor condiții similare de funcționare a celor două aparate, se remarcă:

— suprafața de schimb de căldură la aparatele ICMA este aproximativ de 2,44—2,7 ori mai mare decît la schimbătoarele cu plăci;

— coeficientul global de schimb de căldură este mai mic de 2,44—2,7 ori la aparatul ICMA;

— în ceea ce privește pierderile de presiune, deși pe partea agentului primar sînt mai mici la aparatele ICMA, pe partea agentului secundar ele pot depăși, la debite mari, pe cele de la aparatele SCP (fig. 12).

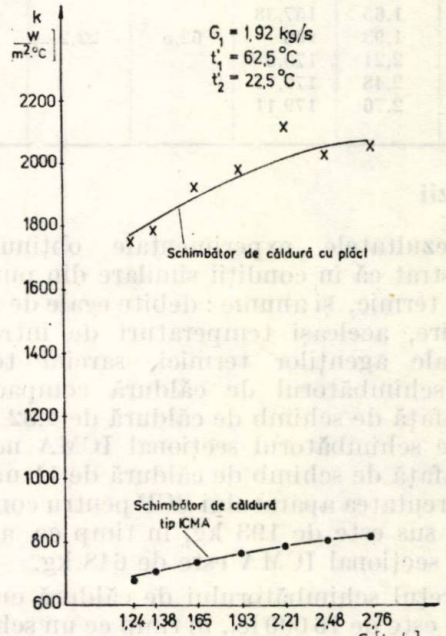


Fig. 11. Variația $k = f(G_2)$ pentru SCP și pentru aparatul ICMA.

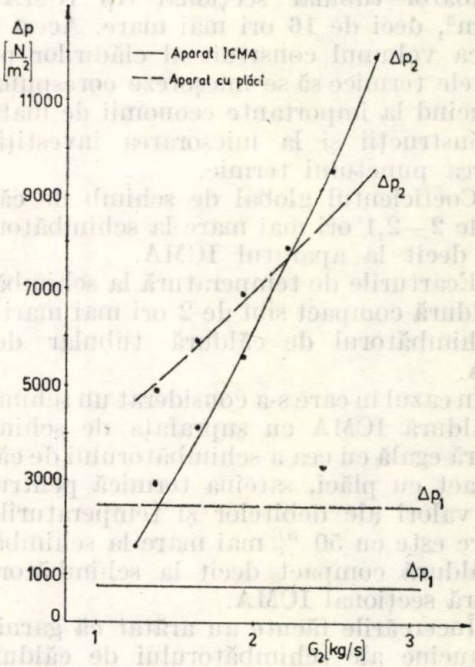


Fig. 12. Variațiile $\Delta p_1 = f(G_2)$ și $\Delta p_2 = f(G_2)$ pentru $G_1 = 1{,}92$ kg/s la SCP și la aparatul ICMA.

Tabelul 2

Date inițiale																					
G_1 kg/s		G_2 kg/s		Q kW		t'_1 °C		t'_2 °C		t''_1 °C		t''_2 °C		Mărimi calculate sau determinate experimental							
														t_{med} °C		k W/m²·°C		S m²		Δp_1 N/m²		Δp_2 N/m²	
SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA	SCP	ICMA
		1,24		135,8						45,3		48,7		17,88		1758	696		10,91			4693	1633
		1,38		142,7						44,5		47,2		18,44		1791	708		10,93			4970	2941
		1,65		157,38						42,8		44,9		18,96		1921	739		11,23			5928	4175
1,92		1,93		166		62,5		22,2		41,8		42,8		19,5		1970	763	4,32	11,47	2470	761	6916	5712
		2,21		175,6						40,5		41,5		19,19		2118	785		11,66			7904	7690
		2,48		179,11						40,1		39,8		20,4		2034	802		10,96			8645	9619
		2,76		179,11						40		38		20,8		2070	817		10,53			9633	12015

Concluzii

1. Rezultatele experimentale obținute au demonstrat că în condiții similare din punct de vedere termic, și anume : debite egale de agenți de răcire, aceleași temperaturi de intrare și ieșire ale agenților termici, sarcini termice egale, schimbătorul de căldură compact are o suprafață de schimb de căldură de 4,32 m², în timp ce schimbătorul secțional ICMA necesită o suprafață de schimb de căldură de 11 m².

2. Greutatea aparatului SCP pentru condițiile de mai sus este de 193 kg, în timp ce a unui aparat secțional ICMA este de 648 kg.

3. Prețul schimbătorului de căldură cu plăci utilizat este de 16 000 lei, în timp ce un schimbător de căldură de tip secțional ICMA cu aceleași performanțe termice costă 19 500 lei.

4. Volumul ocupat de schimbătorul de căldură compact este de 0,175 m³, în timp ce la aceleași performanțe termice volumul ocupat de un schimbător tubular secțional tip ICMA este 2,81 m³, deci de 16 ori mai mare. Acest lucru face ca volumul construit al clădirilor pentru punctele termice să se micșoreze corespunzător, conducînd la importante economii de materiale de construcții și la micșorarea investiției în clădirea punctului termic.

5. Coeficientul global de schimb de căldură este de 2—2,1 ori mai mare la schimbătorul cu plăci decît la aparatul ICMA.

6. Ecarturile de temperatură la schimbătorul de căldură compact sînt de 2 ori mai mari decît la schimbătorul de căldură tubular de tip ICMA.

7. În cazul în care s-a considerat un schimbător de căldură ICMA cu suprafața de schimb de căldură egală cu cea a schimbătorului de căldură compact cu plăci, sarcina termică pentru aceleași valori ale debitelor și temperaturilor de intrare este cu 50 % mai mare la schimbătorul de căldură compact decît la schimbătorul de căldură secțional ICMA.

8. Încercările făcute au arătat că garniturile de cauciuc ale schimbătorului de căldură cu plăci rezistă foarte bine la temperaturi de 90—100°C.

Pentru temperaturi mai mari este necesară încercarea unor garnituri din teflon sau cauciucuri rezistente la temperatură (de exemplu cauciuc de tip vitonit, care rezistă pînă la 150°C).

9. Deși materialul din care este construit schimbătorul de căldură cu plăci este oțelul inoxidabil, așa cum s-a arătat la punctul 3, pentru realizarea acelorași performanțe termice el este mai ieftin decît un schimbător de căldură tubular de tip ICMA.

Cu toate că în țară nu se fabrică în prezent decît schimbătoare de căldură cu plăci din oțel inoxidabil, utilizate în industria alimentară, în realizarea acestor aparate se pot considera și materiale convenționale. În acest caz, grosimea pereților crește, însă, conductivitatea termică a acestor materiale fiind mai mare decît a oțelului inoxidabil, rezistența termică a peretelui este cel mult egală cu cea a peretelui din oțel inoxidabil, dacă nu mai mică.

Pentru punctele termice este necesar ca industria să realizeze asimilarea de schimbătoare de căldură cu plăci din oțel-carbon și alamă.

10. Diferența maximă de presiune pe suprafețele plăcilor la care a fost încercat aparatul de schimb de căldură cu plăci a fost de 3.10^5 Pa, însă conform datelor din literatura de specialitate [2] ea poate crește pînă la $(15-20).10^5$Pa.

11. Pierderile de presiune în schimbătoarele de căldură cu plăci sînt mai mari decît cele din schimbătorul de căldură tubular pentru fluidul ce curge printre țevi, dar egale sau mai mici decît cele corespunzătoare fluidului care curge prin țevi.

12. Schimbătoarele de căldură cu plăci prezintă un grad de murdărire a suprafeței de schimb de căldură redus, iar curățarea lor se face ușor și eficient, atît mecanic cît și chimic.

13. Repararea schimbătoarelor de căldură cu plăci se face ușor, prin simpla înlocuire a plăcii sau garniturii defecte.

14. La schimbătoarele de căldură cu plăci, chiar după instalare, se pot modifica cu ușurință performanțele cerute, prin rearanjarea plăcilor sau modificarea numărului acestora, capacele de strîngere rămînînd neschimbate.

Notații

t_1' — temperatura de intrare a fluidului primar (apă caldă), în °C;

t_1'' — temperatura la ieșire a fluidului primar, în °C;

t_2' — temperatura de intrare a fluidului secundar (apă rece), în °C;

t_2'' — temperatura la ieșire a fluidului secundar (apă rece), în °C;

Δt_{med} — diferența medie logaritmică de temperatură în aparatul de schimb de căldură, în °C;

G_1 — debitul de agent primar, în kg/s;

G_2 — debitul de agent secundar, în kg/s;

Q — sarcina termică a aparatului de schimb de căldură, în kW;

S — suprafața de schimb de căldură, în m²;

k — coeficientul global de schimb de căldură, în W/m².°C;

Δp_1 — pierderea de presiune pe partea fluidului primar, în Pa;

Δp_2 — pierderea de presiune pe partea fluidui secundar, în Pa.

Bibliografie

[1] * * * *Experimentarea de schimbătoare de căldură compacte cu plăci pentru punctele termice.* Institutul politehnic București, contract de cercetare științifică nr. 99/1978.

[2] * * * *Thermal Handbook.* Alfa-Laval (Suedia), Tryckcentr a AB Västeras, 1969.

[3] Barnovski, N. B., Kovalenko, L.M. și Iastrebeneţki, A.R. *Plastinciatie i spiralnie teploobmenniki.* Mașinostroenie, Moscova, 1973.

[4] * * * *Aparate în contracurent.* IPB, Catalog ICMA.

(Articol intrat în redacție la 16 martie 1979)

Utilizarea combinată și integrată a resurselor energetice primare și secundare în sectorul industriei sticlei și ceramicii fine

Ing. **M. Gheorghiu**
și ing. **Gh. Laza***)

1. Generalități. Preocupări privind modernizarea agregatelor în scopul reducerii consumului de combustibil

Micșorarea în ritm rapid a rezervelor de combustibili clasici ale planetei noastre, datorită ritmului înalt de industrializare, atît al țărilor dezvoltate, cît și al celor în curs de dezvoltare, a condus în ultimii ani, pe plan mondial, la creșterea accentuată a prețurilor acestora.

Nu există țară care, în acest sens, să nu-și fi întocmit programe naționale de utilizare în mod cît mai rațional a combustibililor și energiei și de dezvoltare a bazei energetice proprii. Și în țara noastră s-au luat astfel de măsuri, legiferate prin hotărîri, ordine, decrete și legi, care se oglindesc în programele de acțiune întocmite în acest sens în cadrul fiecărei ramuri economice.

Agregatele tehnologice din cadrul industriei sticlei și ceramicii fine funcționează pe baza căldurii degajate de arderea de hidrocarburi, din care gazul metan reprezintă 97%, restul fiind combustibil lichid ușor.

Din consumul total de combustibil al sectorului nostru industrial, circa 86 % este utilizat în agregatele tehnologice de bază (cuptoare de topit sticla și cuptoare de ardere a porțelanului și faianței), 73 % fiind numai pentru bazinele de topire ale cuptoarelor de topit sticla.

Ținînd seama de ponderea mare a consumului de combustibil aferent cuptoarelor de topire, s-a acționat cu prioritate în sensul modernizării acestor agregate, și anume pe următoarele direcții:

— perfecționarea arderii în bazinul de topire;

— micșorarea pierderilor de căldură prin pereți (mărirea gradului de izolare);

— mărirea gradului de recuperare a căldurii gazelor arse evacuate la coș (diminuarea pierderilor de căldură prin gazele arse rezultate în bazinul de topire).

Deși sînt consumatori mici de combustibil (comparativ cu cuptoarele de topire), cuptoarele de recoacere a produselor de sticlărie au fost modernizate, în sensul perfecționării sistemului de ardere.

2. Determinarea celor mai eficiente tipuri de arzătoare pentru bazinele de topire la cuptoarele de topit sticla

Avînd în vedere faptul că la cuptoarele de topire se utilizează o gamă largă de arzătoare, atît produse în țară cît și importate, s-a urmărit să se determine cele mai eficiente în scopul generalizării acestora.

Pînă nu de mult coeficienții excesului de aer realizați curent la cuptoarele de topire erau de 1,3—1,4, ceea ce conducea la pierderi mari de căldură, precum și la dificultatea de realizare a unei temperaturi ridicate a flăcării.

În vederea micșorării excesului de aer s-a renunțat în cazul cuptoarelor mari și mijlocii la sistemul de ardere cu duze ceramice amplasate în bolțile gurilor de arzătoare. Acest gen de

*) Ing. Mihnea Gheorghiu lucrează în cadrul Centralei industriei sticlei și ceramicii fine; ing. Gheorghe Laza lucrează la Institutul de cercetări și proiectări tehnologice pentru sticlă și ceramică fină.

arzătoare este greu de întreținut, exploatat și reglat.

În cursul anilor 1974—1976 s-au introdus la cuptoarele modernizate sau reparate capital sisteme de ardere mai perfecționate, și anume :

— sistemul de ardere laterală cu flacără carburată, avînd arzătoarele amplasate față în față, perpendicular pe axul focarului. Sistemul nu a fost extins deoarece, cu toate că are avantajul de a permite un bun reglaj al raportului gaz-aer, are inconvenientul că necesită energie electrică suplimentară pentru producerea aerului comprimat la 1—3 atm (necesar arderii) și compresoare cu debite mari într-o singură treaptă ;

— sistemul de ardere cu arzătoare cu aer insuflat de ventilator, amplasate sub un unghi de 30—60° față de axul gurii arzătorului, a fost extins cu rezultate bune la cuptoarele de topire pentru geamuri, realizîndu-se o îmbunătățire a arderii, a condițiilor de exploatare și o economie efectivă de combustibil de circa 5 %. Ca și sistemul cu flacără carburată, prezintă inconvenientul utilizării de energie electrică suplimentară pentru suflantele sau ventilatoarele care asigură aerul primar de combustie (circa 10 % din aerul total necesar).

Ulterior, contactîndu-se firma Körting din R.F.G., firmă specializată în arzătoare, s-a observat că a renunțat la fabricarea de arzătoare cu aer primar insuflat încă din anul 1972, trecînd la arzătoare cu aer autoaspirat, din motive lesne de înțeles : eliminarea consumului suplimentar de energie electrică și îmbunătățirea caracteristicilor de radiație a flăcării.

Arzătorul cu autoaspirație nu reprezintă, în mare, o noutate pentru țara noastră și sectorul nostru industrial. Firma Körting i-a adus însă îmbunătățirile și adaptările necesare pentru cuptoarele de topit sticla.

Ținînd seama de recomandările specialiștilor, în cadrul centralei noastre industriale s-a conceput o gamă variată de arzătoare, pe același corp, care să poată acoperi toată gama de debite practicată în sector.

Acest tip de arzător s-a aplicat direct în fază industrială la o serie de cuptoare, realizîndu-se economii de combustibil efective de 3—5 %, precum și o bună stabilitate a flăcării.

Condițiile principale pentru o funcționare corectă sînt :

— capul arzătorului (difuzorul) să aibă diametrul adecvat pentru lungimea necesară a flăcării ;

— aerul primar autoaspirat să fie în proporție de maximum 3—5% față de totalul aerului de combustie.

Explicarea rezultatelor bune ale exploatării acestor arzătoare constă în realizarea unor excese de aer foarte mici, care conduc la preîncălzirea superioară a aerului secundar de combustie în regeneratoare, acesta, la rîndul său, îmbunătățind caracteristicile de radiație ale flăcării.

Obținerea celor mai bune rezultate în practică reclamă încercări minuțioase de determinare a celor mai potrivite duze de injecție a gazului metan, cît și cele mai adecvate difuzoare, posibilitățile de reglare a flăcării în timpul funcționării fiind mai reduse decît în cazul arzătoarelor cu aer insuflat.

Introducerea arzătorului cu autoaspirație se impune în primul rînd la cuptoarele care în prezent utilizează aer primar insuflat, realizîndu-se astfel, pe lîngă economia de gaz metan, și o economie de energie electrică la compresoare.

3. Micșorarea pierderilor de căldură prin pereții cuptoarelor (mărirea gradului de izolare)

Se cunoaște faptul că, la temperaturi mari (peste 1400°C), transmiterea căldurii de la flacără la materialul de încălzit (amestecul de materii prime pentru obținerea pastei de sticlă) se face aproape în exclusivitate prin radiație, respectiv cu un coeficient de transfer mai bun decît în cazul convecției.

Pe de altă parte, cu cît se mărește temperatura în bazinul de topire, cu atît se mărește extracția de topitură pe aceeași suprafață.

Pentru realizarea unor temperaturi ridicate în zona de topire, cuptoarele de mare capacitate au fost reproiectate, prevăzîndu-se în construcția acestora o pondere importantă de materiale refractare superioare, astfel :

— bazinul de topire se execută în totalitate din materiale refractare electrotopite, AZS (aluminiu-zircon-siliciu) ;

— arzătoarele și zidul inelar se execută din materiale refractare electrotopite în zona de temperatură maximă și în cea unde au loc antrenări de pulberi alcaline. În rest se utilizează silica de calitate superioară ;

— bolta bazinului de topire se execută în totalitate din silica de calitate superioară. ;

Aceste măsuri au permis creșterea temperaturii în zona de topire cu circa 50—70°C și, odată cu aceasta, creșterea extracției pe aceeași suprafață cu 20—30 % și reducerea consumul specific de combustibil cu circa 20 %.

Odată cu creșterea temperaturii de lucru în cuptor, pierderile de căldură prin pereți se măresc dar efectul global constă în creșterea randamentului agregatului.

În vederea reducerii pierderilor de căldură prin pereții zonei de topire s-a acționat în sensul izolării tuturor părților cuptorului, acolo unde acest lucru a fost posibil constructiv sau din punctul de vedere al calității materialelor refractare.

S-au izolat astfel :

— fundul bazinului de topire cu un strat de 250 mm șamotă ușoară, asigurîndu-se totodată placarea sa cu refractare AZS ;

— pereții laterali ai bazinului și bolțile din silica de calitate superioară. S-a mărit totodată grosimea bolților de la 300 la 375 mm, fapt care, împreună cu izolarea, conduce la scăderea temperaturii la fața exterioară a bolții de la 300—350°C la 170—200°C.

De menționat faptul că numai construirea de bolți din silica superioară, îngroșate și izolate, determină, la același cuptor, reducerea consumului de combustibil cu circa 12 %.

În vederea realizării în țară a unei calități de silica superioară, s-a stabilit o colaborare cu Institutul de cercetări metalurgice, care are ca temă de cercetare tratarea cu acid fosforic a materialului silica indigen, cercetare care s-a aplicat în acest an la unul din cuptoarele noastre, ținut în prezent sub observație în exploatare.

Se prevede în continuare ca, pentru sticlăria specială termorezistentă, care necesită temperaturi în bazinele de topire de 1580—1600°C, cuptoarele să fie construite integral din materiale refractare electrotopite și superizolate.

4. Mărirea gradului de recuperare a căldurii gazelor arse (diminuarea pierderilor de căldură prin gazele arse evacuate la coș). Recuperarea resurselor energetice secundare

Datorită faptului că temperatura maximă în agregatele tehnologice de bază este între 1200—1400°C la cuptoarele de ardere a porțelanului și faianței și 1500—1600°C la cuptoarele de topit sticla, o direcție principală de economisire a combustibilului a fost recuperarea unei cît mai mari cantități din căldura conținută în gazele de ardere.

4.1. *Gradul de recuperare a căldurii gazelor arse la cuptoarele existente și economia relativă de combustibil datorită recuperării*

Toate cuptoarele de topire a sticlei și de ardere a porțelanului și faianței sînt dotate din construcție cu sisteme de recuperare a căldurii gazelor arse, pînă la limite considerate pînă în prezent ca economice, în funcție de tipurile constructive de cuptoare și volumele de gaze arse evacuate din cuptorul propriu-zis.

Utilizarea sistemelor de recuperare a căldurii practicate pînă în prezent a permis reducerea temperaturii gazelor arse la cuptoarele de topit sticla de la temperatura de regim la 1500—1600°C pînă la valori de 250—600°C la ieșirea din sistemul de recuperare primară (funcție de mărimile cuptoarelor), iar la cuptoarele de ardere a porțelului și faianței de la 1200—1400°C pînă la 200—400°C. Aceste date dovedesc un înalt grad de recuperare a căldurii gazelor arse de 50—70%, față de 80 % teoretic posibil.

De menționat faptul că cele mai mici grade de recuperare a căldurii gazelor arse se realizează la cuptoarele de mare capacitate, acest inconvenient fiind total compensat de consumul specific de combustibil (kcal/kg sticlă), care la aceste cuptoare reprezintă 30—50% din același indicator la cuptoarele de capacități mici și mijlocii.

La nivelul sectorului nostru industrial, în actualele regeneratoare ale cuptoarelor de topire (sisteme primare de recuperare), prin răcirea gazelor arse pe un ecart mediu de temperatură de 900°C (de la 1400 la 500°C), rezultă o cedare de căldură din care circa 80 % se regăsește în aerul de combustie preîncălzit. Menționăm faptul că aportul de căldură al aerului preîncălzit reprezintă o economie relativă de combustibil de 30—35 % față de agregate fără sistem de recuperare.

La cuptoarele de ardere a porțelanului și faianței, datorită specificului tehnologic (încălzire de la 20°C la 1200—1400°C, ardere la acest palier și răcire pînă la temperatura mediului ambiant, precum și recuperarea căldurii produselor și a dispozitivului de transport prin aer cald dirijat către alte instalații tehnologice), s-a ajuns la o economie relativă de combustibil de pînă la 50—60%.

4.2. *Sisteme de evacuare a gazelor arse din agregatele de bază existente în prezent în sector*

Pentru cuptoarele de topit sticla, pînă în prezent a fost adoptat în totalitatea cazurilor sistemul de evacuare a gazelor arse prin tiraj natural creat de coșuri. Aceste coșuri au fost dimensionate în funcție de volumul de gaze arse de evacuat și de temperatura acestora la baza coșului, temperatura fiind factorul determinant pentru asigurarea forței de tiraj.

Deși construirea coșurilor de tiraj la cuptoarele de topit sticla conduce la eforturi de investiții mari, ele prezintă în exploatare siguranță sporită (tirajul funcționînd continuu, independent de întreruperile în alimentarea cu energie electrică) și nu este necesar un consum suplimentar de energie electrică, ca în cazul tirajului artificial.

Pentru cuptoarele de ardere a porțelanului și faianței se menționează că acestea funcționează în exclusivitate cu tiraj artificial prin exhaustare.

La cele mai moderne cuptoare pentru arderea porțelanului, construite sub licența firmei Riedhamer din R.F.G., la care se realizează și cele mai mici consumuri de combustibil față de cuptoare similare, recuperarea avansată a căldurii și economia relativă de combustibil, menționată la pct 4.1, de pînă la 60 % a fost posibilă prin adoptarea unui consum suplimentar de energie electrică. Astfel, pe fiecare cuptor de

arderea a doua, pe lîngă o cantitate de combustibil de 1064 t c.c./an, se consumă şi 175 MWh/an.

4.3. *Sisteme şi grade de recuperare a căldurii gazelor arse practicate pe plan mondial la cuptoarele de topire*

Este necesar să arătăm faptul că, în ceea ce priveşte gradul de recuperare a căldurii gazelor arse, majoritatea agregatelor din dotarea întreprinderilor de sticlărie şi geamuri realizează indici apropiaţi de cei realizaţi la cuptoare similare pe plan mondial.

S-ar putea menţiona astfel că, la cuptoare de mare capacitate construite sub licenţă (firmele Veba-Glass — R.F.G. şi Fourement Ladurée — Franţa), temperatura gazelor arse are la evacuare valori de 550—600°C. Aceste cuptoare au fost construite în anul 1968, dar, chiar în condiţiile actualei crize energetice şi la nivelul tehnic actual, pentru un cuptor de topit sticla pentru geamuri, de mare capacitate, numai firma Morgan-Isley — S.U.A. a oferit în 1976 o variantă care consideră ca optimă realizarea unei temperaturi de 450°C, dar aceasta în condiţiile construirii unui regenerator ceramic în două trepte (recuperare primară şi secundară), funcţionînd cu tiraj artificial prin ejecţie.

Firma SEPR — Franţa, pentru acelaşi cuptor, oferă un regenerator îmbunătăţit, la care temperatura gazelor arse poate fi coborîtă de la 600°C (realizată la data ofertei) pînă la 550°C, tirajul rămînînd să fie asigurat pe cale naturală.

Se precizează astfel că randamentul de recuperare a căldurii gazelor arse poate fi mărit de la 50—55 % la 60 %, faţă de 80 % randament teoretic. Pierderile de 20% admise de randamentul teoretic reprezintă căldura pierdută prin pereţii regeneratoarelor (10—12 %) şi căldura conţinută în gazele arse presupuse a se evacua la temperatura punctului de rouă, faţă de condiţiile de 0°C stare normală fizică (8—10%). Aceste date au fost prezentate şi la Congresul Sticlăriei, care a avut loc la Varşovia în 1976.

4.4. *Preocupări pe linia recuperării resurselor energetice secundare*

După cum rezultă din cele prezentate anterior, pentru mărirea gradului de recuperare a căldurii gazelor arse, pînă la limita de valorificare totală a resurselor energetice secundare, la cuptoarele de topit sticla de mare capacitate (care pot fi comparate cu cuptoarele metalurgice) nu s-au cunoscut şi nici nu se cunosc încă, chiar pe plan mondial, soluţii acceptate din punct de vedere economic şi, în unele cazuri, chiar energetic.

A fost astfel necesar să fie abordate noi soluţii tehnice prin cercetare proprie.

Încă din anul 1969 s-au construit trei instalaţii industriale prin care s-a urmărit recuperarea căldurii gazelor arse evacuate la coş în scopul

Analiza posibilităţilor de valorificare a resurselor energetice secundare

Mărimea	U.M.	Soluţia I		Soluţia a II-a			
		fără recuperare avansată	cu recuperare avansată	fără recuperare avansată	cu recuperare avansată		
		regenerator primar iniţial	regenerator primar mărit	regenerator primar	regenerator primar	regenerator secundar	ansamblu regenerator primar + secundar
1. Temperatura agentului încălzitor (gaze arse) Intrare	°C	1350	1350	1350	1350	564	1350
Ieşire	°C	530	350	350	564	190	190
2. Temperatura agentului încălzitor (aer de combustie sau apă fierbinte) Intrare	°C	20	20	20	350	20	20
Ieşire	°C	989	1102	993	1184	350	1184
3. Diferenţa medie de temperatură	°C	436	289	344	190	192	168
4. Cantitatea de căldură conţinută în agentul încălzitor	Gcal/h	4,8	3,8	2,2	1,8	0,49	1,75
5. Cantitatea de căldură recuperată prin agentul încălzit	Gcal/h	2,9	2,6	1,3	1,0	0,36	1,36
6. Economia de gaz metan pe agregat ca urmarea a recuperării secundare	Nm^3/h Gcal/h tcc/an		100 0,85 971				30 0,255 291
6.a. Procente din total consum agregat	%		14,1				13,9
7. Randamentul recuperării (rînd 5 : rînd 4)	%	60,42	68,24	59,09			77,71

preparării apei calde necesare pentru încălzire sau scopuri tehnologice.

Acest gen de instalații nu a fost generalizat, din următoarele motive :

a) randamentele de recuperare, reprezentînd raportul dintre căldura acumulată de apa încălzită și căldura cedată de gazele arse a fost cu circa 25% mai mic decît al unor cazane funcționînd cu gaz metan și care produceau aceeași cantitate de căldură ;

b) la cuptoarele la care s-au construit aceste instalații, s-a demonstrat la acea dată, prin comparație cu cuptoare similare, că prin mărirea camerelor regeneratoare, deci a sistemului de recuperare primară, reducerea efectivă de combustibil ar avea o eficiență mult mai mare ;

c) cazanele recuperatoare utilizate pentru prepararea apei calde pentru încălzire nu funcționează decît pe timpul friguros, maximum șase luni pe an, deci se punea problema cum se poate face recuperarea resurselor energetice secundare în celelalte șase luni ale anului ;

d) la întreprinderile cu cuptoare de topit sticla de mari capacități, posibilitățile de recuperare a căldurii gazelor arse depășeau la acea dată, și chiar și în prezent, necesarul de căldură ;

e) la o serie de întreprinderi, energia termică consumată în întreprindere este furnizată de terți, deci o recuperare de căldură prin prepararea apei calde nu se reflectă în reducerea consumului de combustibil al întreprinderii.

Față de cele arătate atît institutul de cercetări de profil cît și centrala industrială au considerat, prin raționamente teoretice, că cea mai bună cale de urmat pentru valorificarea resurselor energetice secundare ar fi cea de utilizare a căldurii gazelor arse pentru preîncălzirea superioară a aerului de combustie în recuperatoare metalice și reintroducerea aerului cald în agregatul de bază. În perioada 1976—1977 cercetarea proprie a fost orientată în acest sens.

Pe parcurs au mai fost aplicate în fază industrială încă două variante :

— mărirea camerelor regeneratoare existente (recuperare primară avansată), soluție care a condus la eliminarea aproape totală a resurselor energetice secundare și la o economie efectivă de combustibil mai mare decît resursa secundară inventariată ;

— construirea de camere regeneratoare în două trepte (recuperare primară și secundară avansată), soluție care a dus la eliminarea totală a resursei secundare.

4.5. *Analiza finală a celor cinci soluții de valorificare a resurselor energetice secundare cercetate și aplicate în fază industrială în sector*

Din analiza datelor de exploatare a celor cinci instalații cercetate (prezentate în anexă), precum și ținînd seama de elementele economice specifice țării noastre (prețuri pentru materiale,

ANEXĂ

cercetate și aplicate în fază industrială în cadrul C.I.S.C.F.

Soluția a III-a				Soluția a IV-a				Soluția a V-a			
fără recuperare avansată	cu recuperare avansată			fără recuperare avansată	cu recuperare avansată			fără recuperare avansată	cu recuperare avansată		
regenerator primar	regenerator primar	recuperator secundar pentru apă caldă	ansamblu regenerator primar + recuperator secundar	regenerator primar	regenerator primar	recuperator secundar pentru aer de combustie	ansamblu regenerator primar + recuperator secundar	regenerator primar	regenerator primar	recuperator secundar pentru aer de combustie	ansamblu regenerator primar + recuperator secundar
1480	1480	490	1480	1350	1350	450	1350	1480	1480	327	1480
600	600	250	250	433	500	260	260	450	500	146	146
20	20	25	—	20	235	20	20	20	315	20	20
995	995	100	—	942	1078	200	1078	1148	1244	180	1244
533	533	293	—	410	269	210	256	371	211	99	181
17,0	17,0	3,2	17,0	9,3	8,8	1,5	8,8	3,9	3,65	0,48	3,65
9,3	9,3	2,0	11,3	5,2	4,6	1,2	5,8	2,0	1,7	0,36	2,06
			250				88				36
			2,125				0,75				0,31
			2429				857				354
			13,5				5,6				7,2
53,76			65,32	55,91			65,91	51,28			56,44

combustibil și energie electrică, durată de amortizare, cheltuieli de întreținere și reparații), au rezultat următoarele :

a) Soluția cea mai eficientă din punct de vedere tehnic și economic este recuperarea în cadrul agregatului, prin mărirea camerelor regeneratoare în una sau mai multe trepte, de la caz la caz.

Totuși, datorită faptului că, termotehnic, aerul se poate încălzi în regeneratoare pînă la o temperatură limitată (cu circa 100—200°C sub temperatura gazelor arse la intrarea în ampilaj), pe de o parte, iar eforturile de investiții necesitate la cuptoarele mari pentru atingerea la evacuarea gazelor arse a unor temperaturi de pînă la 200°C sînt cu mult mai mari, cu cît ne apropiem de 200°C, pe de altă parte, s-a adoptat hotărîrea ca regeneratoarele în una sau două trepte să fie dimensionate astfel ca la evacuare gazele arse să aibă următoarele temperaturi :

— pentru cuptoare mari — volum de gaze arse peste 10 000 Nm^3/h (cuptoare de geamuri și cuptoare de ambalaj peste 70 m^2 suprafață de topire) 450°C
— pentru cuptoare mijlocii — volum de gaze arse între 2000 și 10 000 Nm^3/h (cuptoare pentru diferite sortimente, cu suprafețe de topire cuprinse aproximativ între 10 și 70 m^2) 350°C
— pentru cuptoare mici — volum de gaze arse sub 2000 Nm^3/h (cuptoare cu suprafețe de topire mai mici de 10 m^2) 250°C

b) A doua soluție în ordinea eficienței, cunoscută și aplicată la această dată, este recuperarea în afara agregatului, prin cazane recuperatoare de apă caldă sau fierbinte, care să producă agentul termic necesar unor consumatori tehnologici proprii (cu funcționare permanentă) sau pentru încălzire și apă caldă în întreprindere, combinat cu furnizarea surplusului la terți.

Aceasta este o soluție de recuperare secundară, care se va aplica în următoarea ordine de prioritate :

— prepararea apei calde sau fierbinți pentru utilizări tehnologice proprii, pentru care în prezent agentul termic se cumpără de la terți sau se prepară în centrale termice proprii ;

— prepararea apei calde sau fierbinți pentru încălzire și grupuri sociale proprii ;

— prepararea apei calde sau fierbinți pentru terți.

Este de studiat, urmînd a se derula pînă la punerea în operă, în cazul obținerii unor rezultate bune, soluția cazanelor de abur în vederea producerii combinate de energie electrică și termică, putînd în acest mod valorifica surplusul de energie termică apărut în diferite perioade ale anului, în special în timpul verii, prin producere de energie electrică pentru necesități proprii. Această soluție urmează a se aplica la cuptoarele mari cu cantități mari de resurse secundare.

c) Nu este eficientă, din punct de vedere economic, soluția de recuperare în cadrul agregatului, cu recuperatoare metalice de aer de combustie, datorită randamentului foarte scăzut. În cazul în care nu se pot aplica soluțiile de la punctele a și b, se va prepara aer cald în recuperatoare metalice, dar numai pentru utilizări în afara agregatului (uscare, încălzire).

5. Modernizarea cuptoarelor de recoacere a produselor de sticlărie

Cu toate că aceste cuptoare au un consum total de numai 6% din consumul de combustibil anual al sectorului nostru industrial, datorită efectului spectaculos al modernizării realizate, vom menționa și această preocupare pe linia reducerii consumului de combustibil.

La cuptoarele de recoacere de tipul Amco și Owens, în varianta clasică, gazul metan arde într-o muflă înzidită, căldura necesară procesului tehnologic transmițîndu-se indirect la produse (prin conductibilitatea și convecția muflei). La cuptoarele de recoacere de tip Cobel-Comex, încălzirea produselor se face, de asemenea, indirect, cu ajutorul unor tuburi radiante în care arde gazul metan.

În varianta modernizată, acestor cuptoare li s-a desființat mufla sau tuburile radiante, încălzirea produselor făcîndu-se direct cu arzătoare speciale amplasate sub plasa de transport.

Aceste arzătoare realizează arderea gazului metan în interiorul corpului lor construit din oțel inoxidabil, gazele rezultate se amestecă cu o mare cantitate de aer (exces 4—5), acest amestec fiind apoi evacuat direct sub plasă.

Sistemul de ardere modernizat, care realizează o economie efectivă de gaz metan pe cuptor de 30—50 %, prezintă următoarele avantaje :

— încălzirea produselor făcîndu-se direct, se elimină inerția termică a muflei, putîndu-se controla mult mai ușor curba de recoacere. La cuptoarele de tip Cobel-Comex se elimină pierderea masivă de căldură cu gazele arse evacuate din tuburile radiante la temperaturi între 600 și 800°C. De asemenea, se remarcă reducerea substanțială a consumului de combustibil ;

— prin intermediul instalației de control automat al arderii, se realizează o bună urmărire a curbei de recoacere și a raportului gaz-aer ;

— gazele arse se evacuează pe la capătul rece al cuptorului la temperaturi de circa 150—200°C, nemaifiind nevoie de coș de tiraj, la care temperatura ajungea la 300—400°C.

Considerăm că realizările de pînă acum, coroborate cu rezultatele cercetărilor în curs, vor permite reduceri importante ale consumurilor de combustibil, precum și ale costurilor.

(Articol intrat în redacție în august 1978)

Influența calității schimbului de căldură în condensatorul turbinei cu abur asupra puterii și consumului de combustibil

Ing. C. Dumitru*)

1. Considerații generale

În procesul de transformări energetice, de la combustibil pînă la lucrul mecanic util obținut, pierderile cele mai mari de exergie se întîlnesc în instalația de cazan. Totuși, instalația de condensare, prin energiile imense pe care le vehiculează, are implicații directe asupra economicității producerii energiei electrice, ea fiind susceptibilă de îmbunătățiri, atît în stadiul de proiectare cît și în timpul exploatării.

Condensatorul este utilajul în care ciclul evacuează la sursa rece o cantitate de căldură reziduală, care, la grupul cu condensație pură, depășește căldura utilă transformată în lucru mecanic. Această energie, preluată de la combustibil și cedată apei de răcire în condensator, este compusă în mare parte din anergie. Totuși, luată în valoare absolută, exergia pierdută cu aburul considerat saturat ce iese din turbină nu este cîtuși de puțin neglijabilă [2]:

$$E_x = D_v \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T_c}\right) \cdot r \ \text{[kcal/h]} \qquad (1)$$

Ordinul de mărime al acestei pierderi pentru un grup de 200 MW, la $T_0 = 288°K$ (15°C), este de aproximativ 14 MW în condiții reale de funcționare. În figura 1 s-a trasat exergia pierdută cu fiecare kilogram de abur ce iese din turbină, în funcție de temperatura de condensare și de temperatura sursei reci.

Asupra acestei cantități de exergie se poate acționa în exploatare în sensul micșorării ei,

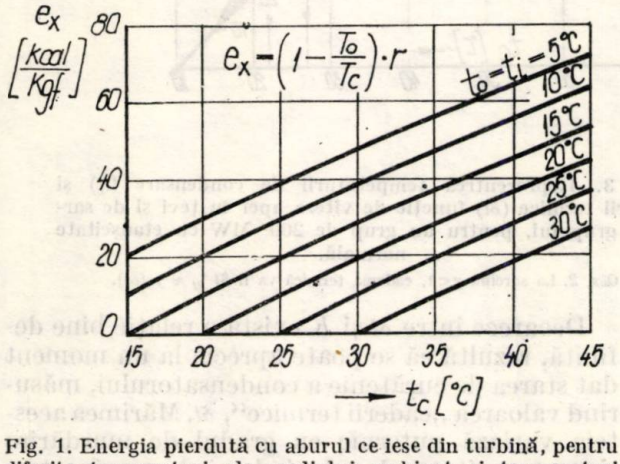


Fig. 1. Energia pierdută cu aburul ce iese din turbină, pentru diferite temperaturi ale mediului ambiant și temperaturi de condensare.

*) Ing. Constantin Dumitru este cercetător științific la ICEMENERG.

generînd astfel importante economii de combustibil.

Se desprind de aici următoarele tendințe ce trebuie urmărite în timpul exploatării:

a) micșorarea temperaturii de condensare, respectiv creșterea vidului în condensator;

b) micșorarea debitului de abur ce intră în condensator (la $P = \text{const}$).

Se va urmări în continuare numai efectul primei măsuri menționate mai sus.

2. Temperatura de condensare. Legătura cu coeficientul de schimb de căldură

Temperatura de condensare este un parametru foarte important în exploatarea economică a agregatului, ea constituind de fapt temperatura capătului rece al ciclului.

Mărimea acesteia poate fi scrisă sub forma:

$$t_c = t_i + \Delta t + \delta t \qquad (2)$$

Relația de mai sus arată că valoarea la care se stabilește temperatura de condensare la un moment dat este dependentă de:

— modul de exploatare și starea de întreținere a turnurilor de răcire și a circuitului hidrotehnic;

— cantitatea de căldură evacuată în condensator (sarcina agregatului);

— debitul de apă de răcire;

— starea de curățenie și etanșeitate a condensatorului.

Sintetizînd, se poate spune că temperatura de condensare depinde atît de cauze interne, ce țin de turbină-condensator, cît și de cauze externe (turnuri de răcire, circuit, calitatea apei etc.).

În cele ce urmează se va studia calitatea schimbului de căldură în raport cu murdărirea condensatorului, viteza apei în țevi, temperatura apei și încărcarea termică, problema gradului de etanșeitate la aer făcînd obiectul unor alte lucrări [4], [5].

În figura 2 se propune un mod de prezentare a coeficientului global de schimb de căldură în condensatorul unei turbine de 200 MW, aflat la diferite grade de murdărire ($\varphi_1 \leqslant 1$). Calculul s-a făcut conform standardelor Heat Exchange Institute, după formula:

$$K = c \cdot \sqrt{w} \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \qquad (3)$$

$$c = 2458 - 5{,}512 \cdot d_e$$

Pe baza valorilor coeficienților K, determinați cu formula de mai sus, în figura 3 s-a reprezentat temperatura de condensare și „căderea termică", δt, pentru condensatorul curat, aflat la diferite încărcări termice ($y \leqslant 1$) și pentru diferite viteze și temperaturi ale apei de răcire. Valorile citite pe nomogramele din figurile 2 și 3 pot constitui un îndreptar util în exploatare,

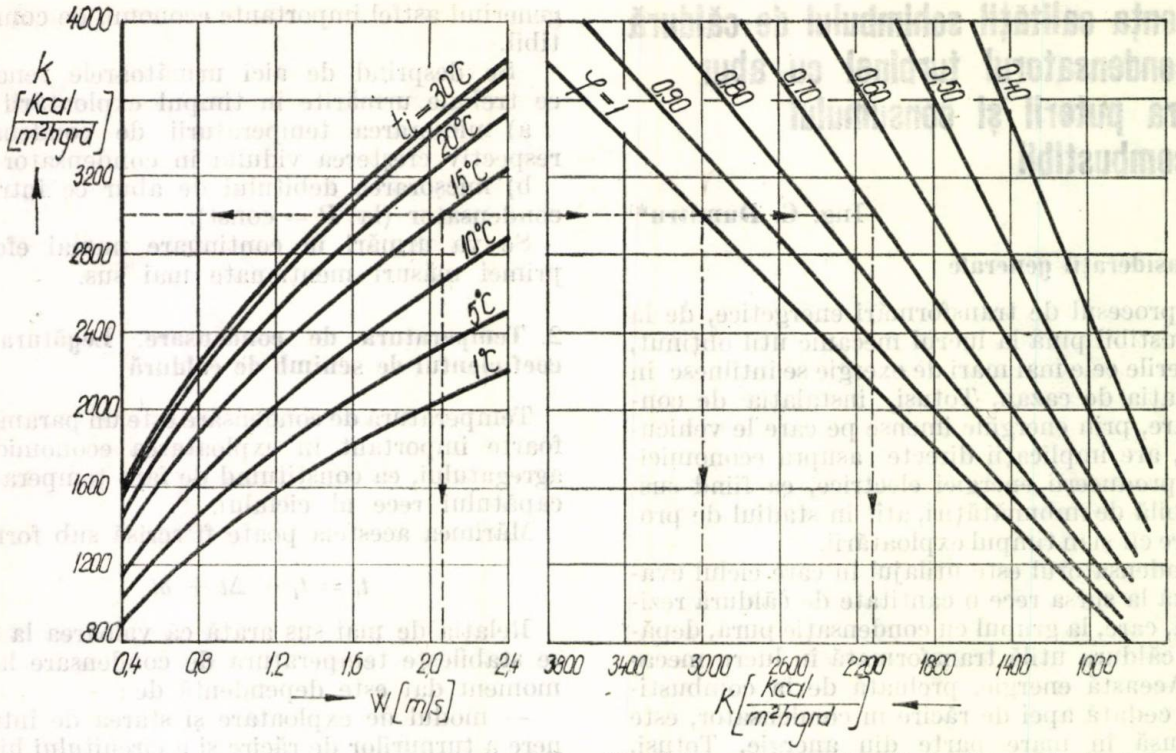


Fig. 2. Reprezentarea coeficientului global de schimb de căldură în condensator funcţie de viteza apei în ţevi, temperatura apei la intrare şi gradul de murdărire la încărcarea termică nominală a condensatorului.

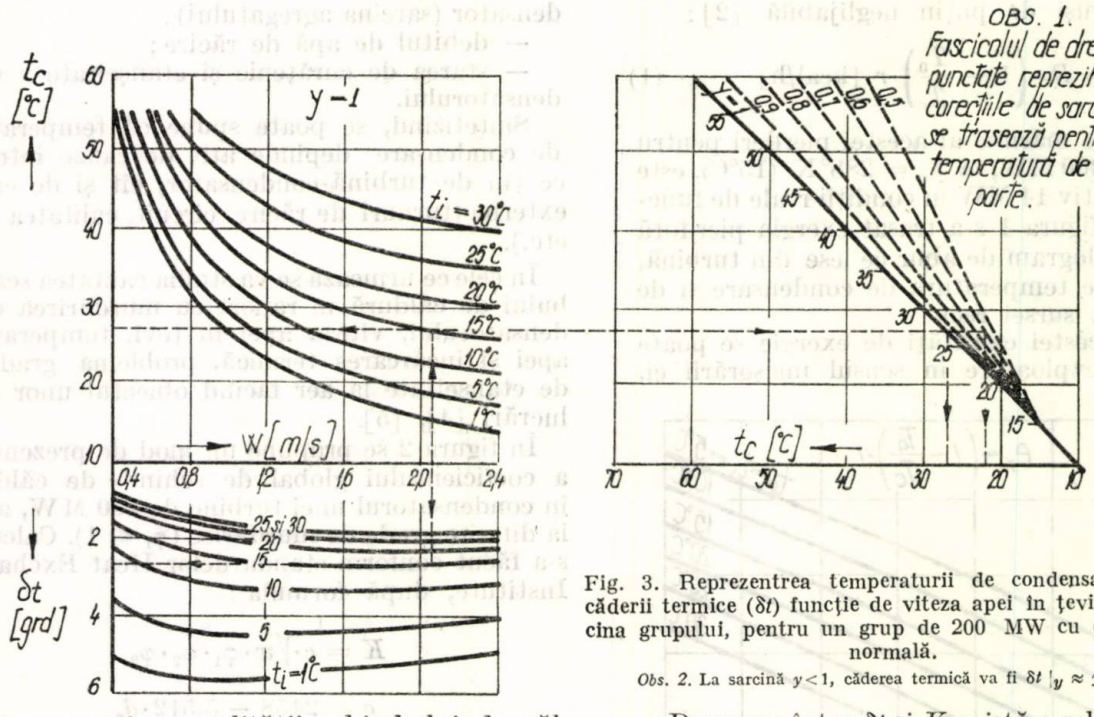


Fig. 3. Reprezentrea temperaturii de condensare (t_c) şi căderii termice (δt) funcţie de viteza apei în ţevi şi de sarcina grupului, pentru un grup de 200 MW cu etanşeitate normală.

Obs. 2. La sarcină $y<1$, căderea termică va fi $\delta t\,|_y \approx y\cdot(\delta t)$.

pentru aprecierea calităţii schimbului de căldură în condensator.

La trasarea nomogramei din figura 3 s-a folosit relaţia (2), în care apare următoarea legătură între δt şi K:

$$\delta t = \frac{\Delta t}{e^{KS/c\cdot D_r}-1} = \frac{D_v\cdot(i_v-i_k)}{c\cdot D_r}\cdot\frac{1}{e^{KS/c\cdot D_r}-1} = (t_c-t_i)\cdot e^{-KS/c\cdot D_r} \quad (4)$$

Deoarece între δt şi K există o relaţie bine definită, rezultă că se poate aprecia la un moment dat starea de curăţenie a condensatorului, măsurînd valoarea „căderii termice", δt. Mărimea acesteia variază puternic cu gradul de murdărire şi neetanşeitate, dar depinde şi de sarcina termică a condensatorului, temperatura apei de răcire şi viteza apei în ţevi. Cu aceasta din urmă variaţia lui δt nu este prea accentuată (vezi

fig. 3), așa încît, făcînd corecțiile necesare la $y < 1$ și la temperatura de intrare respectivă, putem vedea cu cît se abate δt de la valoarea nominală de proiect.

Pentru proiectant este interesant, desigur, de știut cum variază valoarea lui K și δt cu materialul, diametrul, grosimea și numărul țevilor condensatorului, cît și cu modul lor de așezare. Aceste chestiuni nu constituie obiectul prezentei lucrări.

În exploatare, coeficientul K se determină cu o relație de forma :

$$K = \frac{c \cdot D_r \cdot \Delta t}{S \cdot \Delta t_{med}} = \frac{D_v \cdot (i_v - i_k)}{S \cdot \Delta t_{med}} \qquad (5)$$

Valoarea calculată se compară cu valoarea obținută din figura 2, determinîndu-se astfel gradul de murdărire și etanșeitate al condensatorului.

Din figura 3 se observă că variația lui t_c cu sarcina ($y < 1$) este mai importantă cînd debitul de răcire este mai mic.

Este interesant să se cunoască de asemenea cum variază temperatura de condensare numai în raport cu coeficientul de schimb de căldură, fără să modificăm debitul de răcire.

În lucrarea [6], Schaaf dă următoarea relație, ce se poate folosi în cazul unei variații infinitezimale a lui K :

$$\frac{dt_c}{dK} = \frac{S}{c \cdot D_r} \cdot \frac{(t_c - t_e)(t_c - t_i)}{t_e - t_i} \qquad (6)$$

Știind că : $t_c - t_i = \dfrac{\Delta t}{1 - e^{-KS/c \cdot Dr}}$, $t_c - t_e =$

$= \delta t = \dfrac{\Delta t}{e^{KS/c \cdot Dr} - 1}$ și $t_e - t_i = \Delta t$, se obține :

$$\frac{dt_c}{dK} = \frac{S}{c \cdot D_r} \cdot \frac{\Delta t \cdot e^{KS/c \cdot Dr}}{(e^{KS/c \cdot Dr} - 1)^2} \qquad (7)$$

Considerînd debitul de apă de răcire $D_r =$ = const. și plecînd de la ecuațiile (2) și (4), se obține următoarea relație pentru calculul modificării temperaturii de condensare, în cazul în care coeficientul de schimb de căldură variază sensibil de la valoarea K_1 la valoarea K_2 :

$$\Delta t_c = t_{c_2} - t_{c_1} = \frac{\Delta t \cdot e^{K_1 S/cDr} - e^{K_2 S/cDr})}{(e^{K_1 S/cD_r} - 1)(e^{K_2 S/cDr} - 1)} \qquad (8)$$

Folosind relația (8) și considerînd $K = 2500$ kcal/m²·h·grd ca valoare de referință, s-au trasat curbele din figura 4. Se menționează că debitul de apă de răcire s-a considerat a fi constant la valoarea nominală, înrăutățirea schimbului de căldură datorîndu-se murdăririi sau prezenței aerului în condensator. Din figura 4 se observă că creșterea temperaturii de condensare, Δt_c, în raport cu gradul de murdărire,

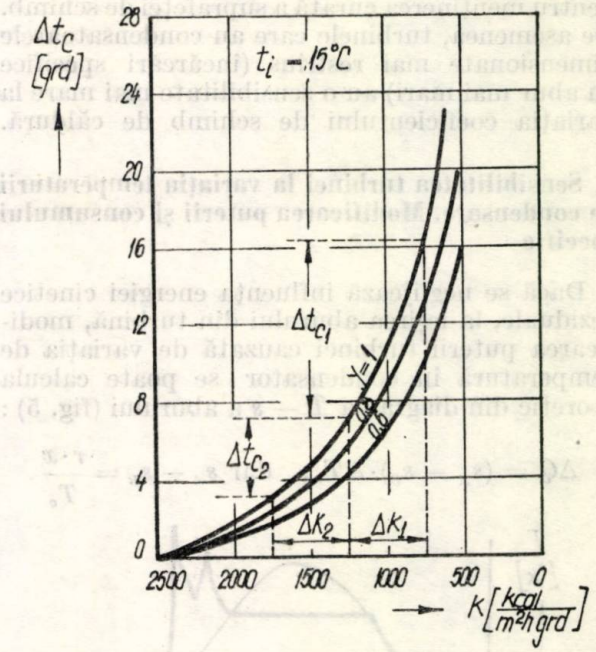


Fig. 4. Variația temperaturii de condensare datorită înrăutățirii schimbului de căldură în condensator, pentru un grup de 200 MW.

se accentuează cu cît condensatorul se află într-un stadiu mai înaintat de murdărire. Astfel :

$$\left.\frac{\partial tc}{\partial K}\right|_{K mare} \ll \left.\frac{\partial t_c}{\partial K}\right|_{K mic}$$

Dacă condensatorul are mai multe fire și spălarea se face în campanii, se poate admite, fără a face o eroare prea mare, că prin spălarea corectă a fiecărui fir, aflat în același stadiu de murdărire, se obține aceeași creștere $\Delta K_1 = \Delta K_2 = \cdots \Delta K_n$, a coeficientului global de schimb de căldură. Scăderile Δt_c corespunzătoare, ale temperaturii de buraj vor fi însă din ce în ce mai mici, pe măsură ce se înaintează cu spălarea condensatorului : $\Delta t_{c_1} \gg \Delta t_{c_2} > \Delta t_{c_3}$ ș.a.m.d.

Rezultă de aici că în situațiile cînd depunerile pe țevi necesită spălări frecvente, nu este necesară o spălare completă a întregului condensator. Astfel, la nivelul centralei termoelectrice vor fi programate să fie spălate firele cu cel mai pronunțat grad de depunere, crescînd astfel eficiența spălărilor (atunci cînd acestea nu se fac în mod continuu, cu bile de cauciuc).

Dacă condensatorul se află la sarcină scăzută ($y < 1$), atunci valorile $\Delta t_c = f(K)$ se micșorează aproximativ în aceeași măsură ca și sarcina. De aceea la turbinele care funcționează la sarcini ridicate trebuie acordată o atenție deosebită stării de curățenie a țevilor condensatorului.

Curbele corespunzătoare unei suprafețe de schimb mai mici au o pantă mai accentuată (nu s-au trasat în fig. 4). Rezultă că anularea unor țevi ale condensatorului implică o grijă sporită pentru menținerea curată a suprafeței de schimb. De asemenea, turbinele care au condensatoarele dimensionate mai restrîns (încărcări specifice cu abur mai mari) au o sensibilitate mai mare la variația coeficientului de schimb de căldură.

3. Sensibilitatea turbinei la variația temperaturii de condensare. Modificarea puterii și consumului specific

Dacă se neglijează influența energiei cinetice reziduale, la ieșirea aburului din turbină, modificarea puterii turbinei cauzată de variația de temperatură în condensator se poate calcula teoretic din diagrama $T - s$ a aburului (fig. 5):

$$\Delta Q = (s_A - s_B)\cdot\Delta T_c, \quad \text{dar } s_A - s_B = \frac{r\cdot x}{T_c}$$

Fig. 5. Ciclul în diagrama $T - s$.

Se obține, astfel, relația lui Schaaf [6]:

$$\frac{dP}{dt_c} = \frac{\eta_m\cdot\eta_g}{860}\cdot\frac{x\cdot r\cdot D_v}{T_c} = \frac{\eta_m\cdot\eta_g}{860}\cdot\frac{c\cdot D_r(t_e - t_i)}{T_c} \tag{9}$$

Dacă modificarea temperaturii de condensare se datorează numai modificării lui K, fără variația debitului de răcire, cu ajutorul relației (6) se obține:

$$\frac{dP}{dK} = \frac{\eta_m\cdot\eta_g}{860}\cdot\frac{S(t_c - t_e)(t_c - t_i)}{T_c} \tag{10}$$

știind că $t_c - t_i = \dfrac{\Delta t}{1 - \dfrac{1}{e^{KS/cD_r}}}$,

iar $t_c - t_e = \delta t$ și, ținînd seamă și de relația (2), avem:

$$\frac{dP}{dK} = \frac{\eta_m\cdot\eta_g}{860}\cdot\frac{(\Delta t)^2\cdot S}{\left[T_i\left(1 - \dfrac{1}{e^{KS/cD_r}}\right) + \Delta t\right](e^{KS/cD_r} - 1)} \tag{11}$$

Prin integrare se obține:

$$P = \frac{\eta_m\cdot\eta_g\cdot\Delta t\cdot c\cdot D_r}{860}\ln\frac{e^{KS/c\,D_r} - 1}{(T_i + \Delta t)e^{KS/cD_r} - T_i} + C, \tag{12}$$

unde C este o constantă de integrare.

Deci, pentru variații sensibile ale coeficientului de schimb de la valoarea K_1 la valoarea K_2, se obține variația ΔP (înlocuind pe K_1 și K_2 în relația (12) și făcînd diferența $P_1 - P_2$).

Cunoscînd pierderea de putere și considerînd că aceasta se suplinește prin mărirea debitului de abur, se poate determina variația consumului specific cu o relație de forma:

$$\Delta q[\%] = \frac{q - q_{nom}}{q_{nom}}\cdot 100 = \frac{\Delta P}{P - \Delta P}\cdot 100 \tag{13}$$

Valorile calculate în modul prezentat mai sus, deoarece nu iau în considerare influența energiei cinetice reziduale, sînt ceva mai mari decît valorile calculate plecînd de la datele firmelor constructoare (fig. 6).

Cheltuielile suplimentare cu combustibilul, prilejuite de înrăutățirea schimbului de căldură în condensator, au fost determinate folosind relația (8) și valorile $\Delta q = f(\Delta t_c)$ date de constructor cît și cu relația (12 — curba superioară). S-a considerat că grupul se află la putere nominală, iar prețul combustibilului (cărbune) este de 419 lei/tc.c.

Din figura 6 rezultă că dacă un grup de 200 MW funcționează la sarcină nominală timp de o zi cu condensatorul avînd K=1000 kcal/m²·h. .grd, în loc de 2500 kcal/m².h.grd, el va avea

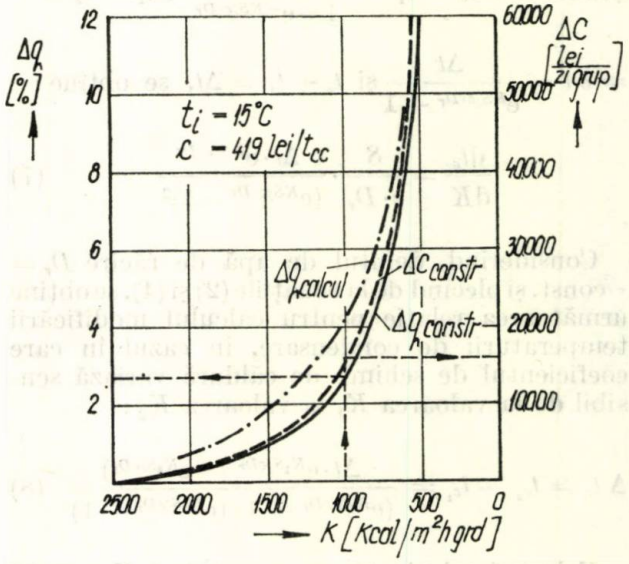


Fig. 6. Influența modificării coeficientului global de schimb de căldură în condensator asupra consumului specific de combustibil și asupra cheltuielilor cu combustibilul pentru un grup de 200 MW.
—— Δq după firma constructoare; — — — ΔC calculat cu datele firmei constructoare; —·— Δq dedus prin calcul analitic.

un surplus de cheltuieli cu combustibilul de 16 200 lei/zi, ceea ce nu este deloc neglijabil.

3.1. *Metodă de calcul analitic a variației* $\frac{dP}{dt_c}$

Este interesant de știut, cît mai exact la un moment dat, cu cît este afectată puterea turbinei dacă temperatura de condensare variază cu un grad Celsius. De aceea mai departe s-a căutat o rezolvare analitică a acestei probleme. Relația (9) dă această variație cu aproximație, din cauză că nu se face corecția de energie cinetică reziduală.

O formulă de calcul mai exactă este indicată în [7].

$$\Delta P = \eta_{1m} \cdot \eta_{1g} \cdot D_v \cdot \left[\frac{i_{v_2} - i_{v_1}}{860} - \frac{W_{e_1}^2 - W_{e_2}^2}{2\,g} \cdot \frac{1 - R}{102} \right] \text{[kW]} \qquad (14)$$

Pentru calculul cu cantități infinitezimale se va proceda astfel :

$$\frac{dP}{dt_c} = \frac{dP_{ent}}{dt_c} - \frac{dP_{rez}}{dt_c} \text{[kW/grd]} \qquad (15)$$

unde primul termen din membrul al doilea reprezintă relația lui Schaaf (9), *corectată în funcție de titlul aburului*, x :

$$\frac{dP_{ent}}{dt_c} = \frac{\eta_{1m} \cdot \eta_{1g}}{860} \cdot \frac{x \cdot r \cdot D_v}{T_c} = \frac{\eta_{1m} \cdot \eta_{1g}}{860} \cdot \frac{c \cdot D_r \cdot (t_e - t_i)}{T_c} \qquad (16)$$

Al doilea termen reprezintă corecția privind energia cinetică reziduală :

$$\frac{dP_{rez}}{dt_c} = \frac{d}{dt_c} \left[\frac{\eta_{1m} \cdot \eta_{1g}}{102} \cdot \frac{W_e^2}{2g} (1 - R) \right] D_v, \qquad (17)$$

$$\text{unde } W_e = \frac{D_v \cdot x \cdot v''}{3600 \cdot A} \qquad (18)$$

Se va aproxima funcția volum specific, $v = f(t_c)$ din figura 7, destul de precis, sub forma :

$$v = xv'' = (0{,}9492)^{t_c - 97}, \text{ la } x = 1$$
$$v = x\,v'' = (0{,}9492)^{t_c - 96}, \text{ la } x = 0{,}95 \qquad (19)$$
$$v = xv'' = (0{,}9492)^{t_c - 95}, \text{ la } x = 0{,}9$$

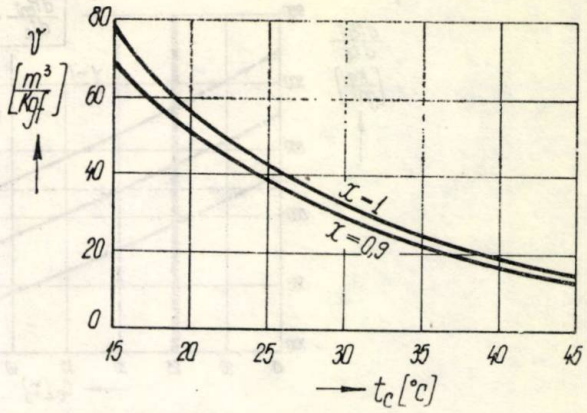


Fig. 7. Variația volumului specific al aburului umed funcție de temperatură.

Prin diferențierea lui W_e^2, ținînd seama de relațiile (19), avem :

$$\frac{dw_e^2}{dt_c} = C_1 \cdot (0{,}9492)^{2(t_c - 97)}, \text{ la } x = 1$$
$$\frac{dw_e^2}{dt_c} = C_1 \cdot (0{,}9492)^{2(t_c - 96)}, \text{ la } x = 0{,}95 \qquad (20)$$
$$\frac{dw_e^2}{dt_c} = C_1 \cdot (0{,}9492)^{2(t_c - 95)}, \text{ la } x = 0{,}9$$

Pentru termenul ce reprezintă energia cinetică reziduală se obține :

$$\frac{dP_{rez}}{dt_c} = \frac{\eta_{1m} \cdot \eta_{1g}}{102} \cdot \frac{D_v (1 - R)}{2g} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{dw_e^2}{dt_c}, \qquad (21)$$

unde $\frac{dw_e^2}{dt_c}$ se înlocuiește cu relațiile (20), după caz.

Conform relației (16) s-a trasat în figura 8 *A* termenul $\frac{dP_{ent}}{dt_c}$. În dreapta s-au trasat corecții pentru sarcini $y \leqslant 1$.

În figura 8 *B* s-a reprezentat termenul $\frac{dP_{rez}}{dt_c}$, cu corecție pentru $R \neq 0$ și pentru $y < 1$. Se observă micșorarea rapidă a termenului dP_{rez}/dt_c, odată cu creșterea temperaturii de condensare, datorită micșorării volumului specific al aburului. De aceea influența pierderii prin energia cinetică reziduală a aburului se face simțită cu pondere mai mare la temperaturi de condensare mai mici, datorită variației mai accentuate a volumului specific în această zonă.

În figura 8 *C* s-a reprezentat suma algebrică a celor doi termeni din membrul din dreapta al relației (15), rezultînd în final mai multe curbe pentru dP/dt_c, pentru diferite umidități ale

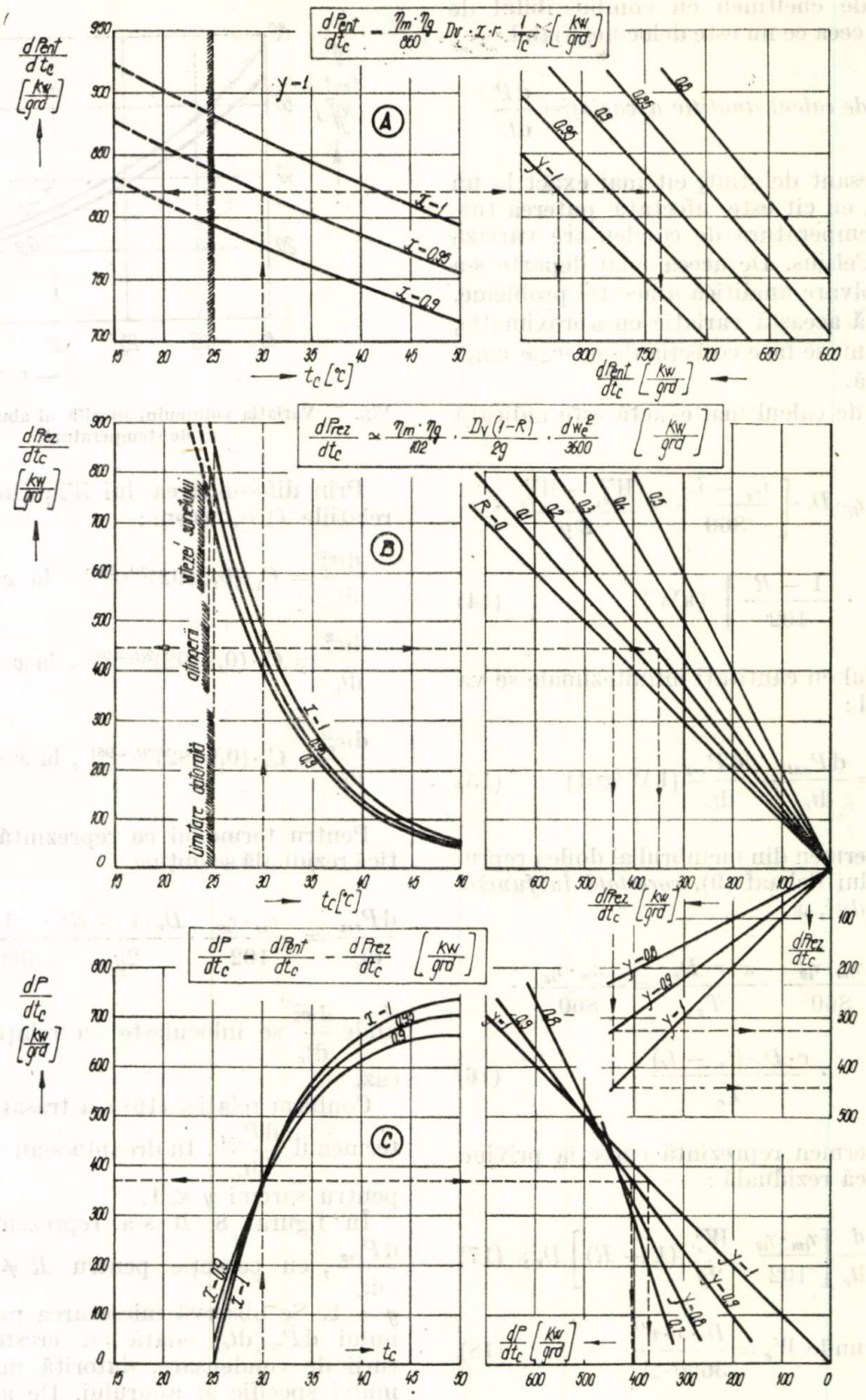


Fig. 8. Modul de deducere a variaţiei puterii generatorului la variaţia temperaturii de condensare, pentru un grup de 200 MW.

aburului la ieşirea din turbină şi pentru diferite încărcări, $y < 1$.

Deoarece este vorba de modificări infinitezimale ale temperaturii de condensare, se apreciază că valoarea randamentului intern (panta curbei de destindere) nu are importanţă în stabilirea valorilor lui dP/dt_c.

Se observă că sensibilitatea turbinei la variaţia temperaturii de condensare creşte cu cît temperatura de condensare creşte.

Reducerea sarcinii turbinei afectează atît termenul care depinde de entalpia de ieşire din turbină (dP_{ent}/dt_c), dar mai ales afectează corecţia dP_{rez}/dt_c, care depinde de cubul coeficien-

tului de sarcină ($y < 1$). Aceasta deoarece variația pierderii de energie reziduală depinde de pătratul vitezei axiale de ieșire înmulțită cu debitul de abur, care este la rîndul său direct proporțional cu viteza.

Astfel, pentru dP/dt_c, la $y < 1$, în domeniul temperaturilor de condensare mici, se obține un rezultat aparent paradoxal, și anume :

$$\left.\frac{dP}{dt_c}\right|_{y<1} > \left.\frac{dP}{dt_c}\right|_{y=1}$$

Așa se explică însă deteriorarea mai accentuată a consumului specific la sarcini parțiale ale turbinei.

În figurile 9 și 10 se dau variațiile consumului specific al turbinei funcție de temperatura de condensare, obținute prin calculul cu procedeul de mai sus, cît și cu ajutorul curbei furnizorului, pentru un grup de 200 MW și, respectiv, 330 MW

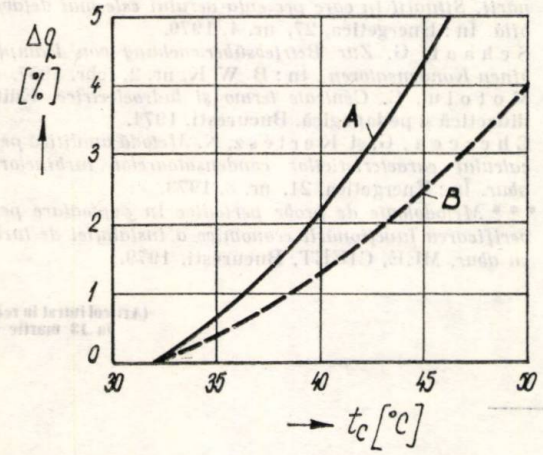


Fig. 9. Variația consumului specific la modificarea temperaturii de condensare, pentru un grup de 200 MW.
A – după firma constructoare; *B* – dedusă prin calcul analitic.

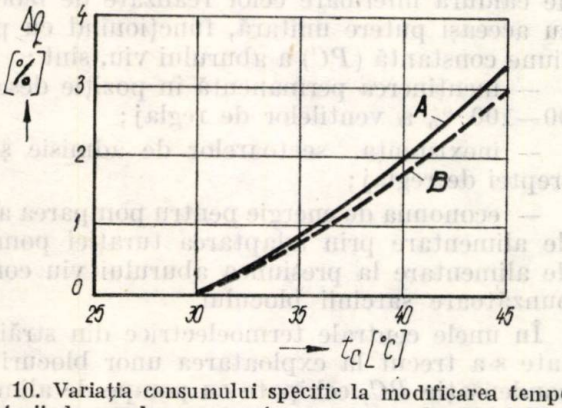


Fig. 10. Variația consumului specific la modificarea temperaturii de condensare, pentru un grup de 330 MW.
A – după firma constructoare; *B* – dedusă prin calcul analitic.

aflate la putere nominală. Abaterile față de curbele indicate de furnizor pot avea următoarele cauze :

— cauze constructive (secțiunea reală de eșapare este diferită de cea luată în calcul) ;

— existența unui coeficient de recuperare $R \neq 0$;

— abateri ale caracteristicii de sarcină a condensatorului de la proporționalitate cu coeficientul de sarcină, y ;

— considerarea unei alte valori, x, a titlului aburului decît cea reală.

Concluzii

În cele de mai sus s-au prezentat nomograme pentru determinarea coeficientului de schimb de căldură în condensator, cît și pentru determinarea temperaturii de condensare și „căderii termice". Valorile citite în aceste nomograme, întocmite pentru fiecare grup în parte, pot constitui valori de referință pentru aprecierea funcționării momentane a condensatorului, dar pot fi folosite și pentru decelarea efectului diferitelor manevre din circuit asupra temperaturii de condensare.

Mai departe s-au stabilit relații analitice pentru determinarea influenței murdăririi condensatorului asupra temperaturii de condensare, cît și asupra turbinei și consumului specific de combustibil, dîndu-se și indicații privitoare la modul de spălare a condensatorului.

Din cele expuse s-a văzut că micșorarea coeficientului de schimb de căldură în condensator, ca urmare a depunerilor sau infiltrațiilor de aer, determină creșterea apreciabilă a temperaturii de condensare, ducînd la cheltuieli suplimentare de exploatare deloc neglijabile.

În încheiere s-a tratat problema sensibilității puterii turbinei la modificarea temperaturii de condensare, considerînd că debitul de abur la condensator rămîne constant. Reiese clar că la temperaturi de condensare ridicate pierderile de putere prilejuite de o înrăutățire oarecare a vidului sînt mai mari decît în situația unor temperaturi de condensare mai scăzute.

Se apreciază că materialul poate fi util atît exploatării, în încercarea de a realiza un mers economic pe partea rece a centralei, dar și proiectării, prin prezentarea de relații analitice și nomograme, conținînd cît mai mulți parametri de interes în calculele de dimensionare.

Notații

E_x — exergia aburului evacuat din turbină, kcal/h
e_x — exergia specifică a aburului evacuat din turbină, kcal/kgf
D_r — debitul de apă de răcire, kgf/h
D_v — debitul de abur la condensator, kgf/h
t_c, T_c — temperatura de condensare, °C și °K
t_i, T_i — temperatura apei de răcire la intrarea în condensator, °C și °K
t_e — temperatura apei de răcire la ieșirea din condensator, °C
T_0 — temperatura absolută a mediului ambiant, °K
Δt — creșterea temperaturii apei de răcire în condensator, grd.
$\delta t = t_c - t_e$ — „căderea termică", grd.
Δt_c — variația temperaturii de condensare, grd.
Δt_{med} — diferența medie logaritmică de temperatură între abur și apă, grd.
i_v — entalpia vaporilor la eșaparea din turbină, kcal/kgf
i_K — entalpia condensatorului, kcal/kgf

r — căldura latentă de vaporizare, kcal/kgf
c — căldura specifică a apei, kcal/kgf. grd.
s_A — entropia vaporilor, kcal/kgf grd.
s_B — entropia condensatului, kcal/kgf. grd.
W — viteza apei în ţevi, m/s
W_e — viteza axială a aburului la ieşirea din turbină, m/s
v'' — volumul specific al vaporilor, m^3/kgf
x — titlul aburului, kgf abur/kgf amestec
R — coeficient de recuperare a energiei cinetice reziduale
g — acceleraţia gravitaţiei, m/s^2
P — puterea turbinei, kW
P_B — puterea la bornele generatorului, kW
q_{nom}, q — consumul specific nominal şi momentan al turbogeneratorului, kcal/kWh
Δq — variaţia consumului specific, %
$\frac{dP_{ent}}{dt_c}$ — termen de variaţie a puterii cu temperatura de condensare, care depinde de entalpia aburului la ieşirea din turbină, kW/grd.
$\frac{dP_{rez}}{dt_c}$ — termen de variaţie a puterii cu temperatura de condensare, care depinde de energia cinetică a aburului la eşapare, kW/grd.
ΔP — variaţia puterii turbinei, kW
η_m, η_g — randamentul mecanic şi randamentul generatorului
A — secţiunea de eşapare din turbină, m^2
S — suprafaţa de schimb de căldură a condensatorului, m^2
K — coeficientul global de schimb de căldură în condensator, kcal/m^2.h.grd.
d_e — diametrul exterior al ţevilor, mm
φ_1 — coeficient de murdărire al ţevilor condensatorului $\left(\varphi_1 = \frac{K \text{ global cu depuneri}}{K \text{ global fără depuneri}}\right)$
φ_2 — coeficient ce depinde de temperatura apei de intrare
φ_3 — coeficient de corecţie pentru materialul ţevii (vezi [8]).
C — constantă de integrare; C_1 — constantă numerică dependentă de secţiunea de eşapare şi de sarcină
y — coeficientul de încărcare termică a condensatorului.

Bibliografie

[1] Dumitru, C. *Cercetări privind îmbunătăţirea circuitelor de răcire din centralele termoelectrice.* Anexa V, dec. 1976 şi Anexa II, noiembr. 1977. Contract ICEMENERG — CIEET.
[2] Nerescu I. şi Radcenko, V. *Analiza exergetică a proceselor termice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1970.
[3] Moţoiu, C., Furtunescu, H., Leca, A. şi Atanasovici, V. *Posibilităţi de economisire a combustibililor şi căldurii în centralele termice industriale şi termoelectrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1976.
[4] Dumitru, C. şi Treanţă-Ghiţescu, P. *Reducerea consumului specific de combustibil la turbinele cu abur cu condensaţie folosind o metodă de control permanent al infiltraţiilor aerului în condensator.* În : Energetica 26, nr. 9, 1978.
[5] Dumitru, C. *Influenţa aerului infiltrat în condensatoarele turbinelor cu abur asupra economicităţii funcţionării. Situaţii în care prezenţa aerului este mai defavorabilă.* În : Energetica, 27, nr. 4, 1979.
[6] Schaaf, G. *Zur Betriebsüberwachung von Dampfturbinen Kondensatoren.* În : B W K, nr. 2, febr. 1957.
[7] Moţoiu, C. *Centrale termo şi hidroelectrice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1974.
[8] Chercea, G. şi Kertész, N. *Metodă analitică pentru calculul caracteristicilor condensatoarelor turbinelor cu abur.* În : Energetica, 21, nr. 8, 1973.
[9] * * * *Metodologie de probe periodice în exploatare pentru verificarea funcţionării economice a instalaţiei de turbină cu abur.* MEE, CIEET, Bucureşti, 1979.

(Articol intrat în redacţie la 13 martie 1979)

Analiza oportunităţii funcţionării unei centrale electrice de termoficare echipate cu turbine DSL-50 cu presiune variabilă a aburului viu

Ing. **N. Kertész***

Avantajele de ordin mecanic, ca reducerea eforturilor datorate presiunii şi variaţiilor de temperatură în pereţii metalici groşi ş.a., ale funcţionării blocurilor termoenergetice cu presiune variabilă a aburului viu au determinat marile firme constructoare de echipament termoenergetic să conceapă şi să execute tot mai multe blocuri cu putere unitară mare cu presiune variabilă a aburului viu.

Aspectele teoretice ale eficienţei funcţionării blocurilor termoenergetice cu presiune variabilă (PV) a aburului viu sînt în prezent clarificate şi verificate în practică [1], [2]. Elementele principale care permit blocurilor cu presiune variabilă a aburului viu să realizeze, în anumite domenii de sarcini, consumuri specifice nete de căldură inferioare celor realizate de blocuri cu aceeaşi putere unitară, funcţionînd cu presiune constantă (PC) a aburului viu, sînt :

— menţinerea permanentă în poziţie deschis 90—100 % a ventilelor de reglaj ;

— inexistenţa sectoarelor de admisie şi a treptei de reglaj ;

— economia de energie pentru pomparea apei de alimentare prin adaptarea turaţiei pompei de alimentare la presiunea aburului viu corespunzătoare sarcinii blocului.

În unele centrale termoelectrice din străinătate s-a trecut la exploatarea unor blocuri cu condensaţie PC, echipate cu pompe de alimentare cu turaţie variabilă, în regim cu presiune variabilă (PV) a aburului viu, bineînţeles după efectuarea unor modificări în sistemele de reglaj şi protecţie ale blocului. Funcţionarea în acest mod a fost determinată în principal de dorinţa obţinerii avantajelor de ordin mecanic ale sistemului PV, efectele asupra consumului specific de căldură fiind de cele mai multe ori neglijabile.

*) Ing. N. Kertész este cercetător ştiinţific la ICEMENERG.

În cadrul eforturilor de reducere a consumului specific de căldură pentru producerea energiei electrice în centralele electrice din R.S.R., s-a experimentat funcționarea unor centrale electrice de termoficare cu presiune variabilă a aburului viu. Ideea de bază a fost ca prin reducerea parametrilor aburului viu, corespunzător sarcinilor pe agregate, una din electropompele de alimentare ale centralei să poată fi oprită (electropompele debitează pe o bară colectoare de apă de alimentare). La aceasta s-ar adăuga și eliminarea laminării aburului viu în ventilele de reglaj ale turbinelor, acestea fiind menținute în permanență în poziția deschis.

Constatarea, pe calea măsurătorilor, a eficienței măsurii luate este practic imposibilă, modificările de consum specific net de căldură pentru producerea energiei electrice fiind pentru turbine cu condensație, conform literaturii de specialitate, de ordinul de mărime al erorilor de măsură. Din această cauză s-a impus verificarea prin calcul a eficienței unei asemenea măsuri.

Calculele au fost efectuate pentru cazul turbinei DSL —50, pentru care se dispune de datele de proiect, urmărindu-se stabilirea consumului specific de căldură pentru producerea energiei electrice la funcționarea în regimurile *PC* și *PV*, pentru aceeași putere livrată la bornele generatorului și aceleași cantități de căldură livrate prin prizele reglabile.

Într-o primă etapă s-au determinat valorile presiunilor aburului viu la intrarea în turbină pentru diferite valori D_0 de proiect ale debitului de abur viu, ventilele de reglaj considerîndu-se complet deschise. S-au recalculat randamentele interne ale treptelor corpului de înaltă presiune (CIP) în următoarele condiții:

— s-a admis că nu există pierderi prin admisie parțială;

— pierderile de abur prin labirinți și pe lîngă tijele ventilelor de reglare s-au considerat egale în cazul celor două sisteme;

— în această primă etapă de calcul, debitele de abur extrase prin prizele fixe la funcționarea cu *PV* sînt aceleași ca la *PC*.

Se obțin astfel curbele de variație ale entalpiilor aburului extras prin prizele fixe ale CIP și a entalpiei H_5 a aburului evacuat din CIP, funcție de debitul de abur viu, în cazul funcționării cu *PV*.

Din proiectul turbinei s-au ales regimuri de calcul ale corpului de medie-joasă presiune (CMP-CJP) caracterizate prin:

— aceeași entalpie H_5 a aburului la intrarea în CMP (evacuare CIP);

— nelivrare de debit de abur prin priza reglabilă pentru termoficare urbană, $D_u = 0$;

— debit de abur D_0^{CMP} la intrarea în CMP.

Se obțin, astfel, grupe de regimuri de calcul ale CMP-CJP, în cadrul fiecărei grupe diferind numai debitul de abur la intrarea CMP.

Din curbele de variație $H_5 = f(D_0^{PV})$, trasate pentru cazul funcționării cu *PV*, se obțin pentru valorile H_5, care caracterizează grupele de regimuri de calcul ale CMP —CJP, valorile corespunzătoare D_0^{PV} ale aburului viu. S-au obținut pe această cale grupuri de regimuri de funcționare cu *PV* caracterizate prin

$$D_{0j}^{PV} \rightarrow H_{5j} \begin{cases} D_{0j1}^{CMP}(D_u = 0) \\ \vdots \\ D_{0jn}^{CMP}(D_u = 0) \end{cases}$$

La funcționarea turbinei cu un același debit D_0 de abur viu în sistemele cu *PC* și *PV*, valorile presiunilor aburului extras prin prizele fixe ale CIP sînt aceleași, valorile entalpiilor însă diferă ca urmare a poziției diferite în diagrama $i-s$ a curbelor care reprezintă destinderea aburului în CIP. Aceasta impune recalcularea porțiunii corespunzătoare a circuitului regenerativ.

Rezultatele calculelor au evidențiat diferențe neglijabile ale debitelor de abur extrase prin prizele fixe ale CIP pentru același debit de abur viu D_0 în cele două sisteme de funcționare.

Prin urmare, ipoteza făcută la calculul randamentului intern al CIP la funcționarea cu *PV* se dovedește a fi corectă.

Pentru un regim de funcționare a turbinei cu *PV*, se poate calcula, pe baza elementelor de mai sus, debitul de abur evacuat din CIP. Debitul de abur la intrarea CMP fiind impus, se determină debitul de abur D_i disponibil la priza reglabilă pentru termoficare industrială și implicit cantitatea de căldură Q_i livrată consumatorului industrial. Pentru același regim se poate calcula și puterea internă a CIP, prin însumarea cu puterea produsă de CMP —CJP calculată în proiect, rezultînd puterea internă a turbinei și apoi puterea P_b la bornele generatorului.

Prin metoda prezentată mai sus s-au definit 12 regimuri de funcționare ale turbinei cu *PV* caracterizate prin debitul de abur viu D_0, debitul de căldură Q_i livrat prin priza reglabilă pentru termoficare industrială și puterea la bornele generatorului și deci consumul specific de căldură brut pentru producerea energiei electrice.

În vederea comparației acestor regimuri de funcționare cu cele corespunzătoare în sistemul cu *PC* a fost necesară transformarea diagramei de regimuri gravimetrice a turbinei DSL-50 într-o diagramă de regimuri calorică, care să prezinte grafic relația dintre puterea la bornele generatorului, debitul de căldură livrat prin priza reglabilă pentru termoficare industrială și debitul de căldură consumat de turbină. Această diagramă permite determinarea tuturor elementelor necesare calculului consumului specific de căldură brut pentru producerea energiei electrice pentru cele 12 regimuri definite, în cazul funcționării cu PC.

În tabelul 1 sînt prezentate elementele caracterizante ale celor 12 regimuri și diferența relativă ε între consumurile specifice de căldură brute pentru producerea energiei electrice la funcționarea cu *PV* și *PC*.

Prin această economie, consumul specific net de căldură pentru producerea energiei electrice la funcționarea cu *PV* ar trebui să devină mai mic decît la funcționarea cu *PC*, adică această economie ar trebui cel puțin să compenseze diferența relativă ε de consum specific brut de căldură determinată.

Tabelul 1

Regim nr.	P_b	Q_i	*PV*			*PC*			ε
			p_0	D_0	Q_0	p_0	D_0	Q_0	
	kW	Gcal/h	ata	t/h	Gcal/h	ata	t/h	Gcal/h	%
1	32381	39,7	63,5	173	109,8	130	170	106	5,7
2	23380	65	63,5	171	109,8	130	170,5	106,2	8,7
3	42363	44	76,7	209	130,3	130	207,3	127,2	3,7
4	33339	68,8	76,7	209	130,3	130	207	126,8	6
5	24829	93,5	76,7	209	130,3	130	208	127,6	10,8
6	52378	47,1	89,4	243	149,1	130	244,3	147,8	1,3
7	42951	71,5	89,4	243	149,1	130	241,3	146,2	3,9
8	34320	95,7	89,4	243	149,1	130	240,9	145,8	6,6
9	51464	70,9	99,4	270	163,6	130	270	162	1,8
10	42974	94,9	99,4	270	163,6	130	268	160,9	4,1
11	49341	90,7	105,3	286	172,1	130	285,4	170,2	2,4
12	56314	86,9	112,5	305	181,9	130	305,2	180,9	1,1

$t_0 = 565°C \quad D_u = 0 \quad \varepsilon = \frac{q_{PV} - q_{PC}}{q_{PC}} \cdot 100$

Analizînd datele din tabelul 1, se constată că :

— pentru un anumit debit de abur viu, diferența relativă de consum specific de căldură crește odată cu debitul de căldură livrat consumatorului industrial, adică cu scăderea încărcării turbinei în regim de condensație ;

În cazurile analizate, reducerea de putere necesară pompării apei de alimentare care ar compensa diferența relativă ε de consum specific de căldură în cazul funcționării a *j* turbine este :

Regim nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta N_{EPA} \approx j \cdot$ [kW]	1846	2034	1567	2000	2682	681	1675	2265	926	1762	1184	619

— pentru valori aproximativ egale ale debitului de căldură livrat consumatorului industrial, diferența relativă scade pe măsura creșterii debitului de abur viu, adică a încărcării turbinei în regim de condensație ;

— livrarea de căldură prin priza reglabilă de termoficare urbană conduce la creșterea valorilor ε determinate ;

— pentru un regim de funcționare caracterizat de puterea la bornele generatorului și debitul de căldură livrat consumatorului, debitul de abur viu are practic aceeași valoare atît la funcționarea cu *PV* cît și cu *PC*.

Pentru ca sistemul de funcționare cu *PV* să devină avantajos ar trebui realizată o economie de energie pentru pomparea apei de alimentare ca urmare a reducerii presiunii aburului viu.

Debitele necesare de apă de alimentare fiind însă practic egale în cazul celor două sisteme de funcționare, oprirea unei pompe de alimentare este posibilă numai cînd debitul pompei oprite poate fi preluat de pompele rămase în funcțiune. Această posibilitate este exclusă la funcționarea turbinelor cu sarcini mari, debitul necesar de abur viu impunînd funcționarea tuturor electropompelor de alimentare. Prin oprirea unei pompe de alimentare, în condițiile asigurării în continuare a debitului inițial de apă de alimentare, se realizează o reducere de putere necesară pompării apei de alimentare de circa 875 kW, care este puterea de mers în gol a pompe PE —500 —180, cu care sînt echipate centralele electrice de termoficare din R.S.R.

Avînd în vedere cele menționate, faptul că necesitatea existenței unei rezerve de reglaj

nu permite menținerea total deschisă a tuturor ventilelor de reglaj ale turbinei, că luarea în considerare și a debitelor de căldură livrate prin priza urbană amplifică valorile ε prezentate mai înainte, rezultă că funcționarea centralelor electrice de termoficare echipate cu turbina DSL-50 cu presiune variabilă a aburului viu nu este recomandabilă.

Această concluzie poate fi extinsă și asupra celorlalte tipuri de turbine de termoficare.

Bibliografie

[1] Popa, T. *Contribuții la studiul funcționării blocurilor energetice cu parametrii alunecători.* Teză de doctorat.

[2] Senger, U. *Bietet das Gleitdruck-Verfahren Vorteile?* În: BWK, nr. 6, 1954, p. 197–205.

(Articol intrat în redacție la 23 decembrie 1978)

Rolul caracteristicilor de spumare ale uleiurilor aditivate, în exploatarea sigură a turboagregatelor moderne

Ing. **W. Gooss**
și chim. **Cr. Balint***)

Generalități

Un loc important în rîndul testelor moderne ce se aplică uleiurilor în scopul aprecierii calității și prin aceasta, implicit, a gradului de siguranță pe care-l prezintă în exploatarea turbinelor îl ocupă proprietățile de spumare.

Spuma se formează prin intermediul acelor bule de aer care au un diametru de circa 1 mm și mai mare. Bulele de aer care pătrund în ulei se ridică la suprafața uleiului, expandează și se unifică, dînd naștere la spuma de suprafață, care, spre deosebire de dispersiile de aer în ulei, poate fi redusă sau chiar înlăturată prin antispumanți — aditivi care reduc tensiunea superficială a uleiului.

Dintre aditivii antispumanți foarte eficienți fac parte uleiurile siliconice, care, chiar la concentrații de părți per milion, înlătură neajunsurile provocate de spumarea exagerată a uleiurilor.

Articolul de față își propune să analizeze modul în care impuritățile mecanice influențează proprietățile de spumare ale uleiurilor.

Uleiurile întîlnesc, în circuitele de ungere și de reglaj, o serie de impurități care, în general, pot fi împărțite în trei grupe mari:

— impurități care există înaintea punerii în funcțiune (nisip, șpan metalic, diferite impurități de montaj);

— impurități care ajung din exterior în ulei (praf, apă, ulei murdar de completare);

— impurități care se formează în timpul funcționării agregatelor (abraziuni metalice, resturi de vopsea, produse de oxidare).

*) Ing. Werner Gooss este cercetător științific principal III, iar Cristian Balint — chimist la ICEMENERG.

Impuritățile apar cu o frecvență și în concentrații diferite, prezentînd o compoziție foarte variabilă. Diferitele forme de impurificare ale uleiurilor și prezența impurităților în cele mai diferite locuri de ungere determină, în general, trei feluri de efecte nedorite, și anume [1]:

a) căderi spontane ale turbinelor sau avarii:

b) uzură mărită și creșterea puterii consumate;

c) „îmbătrînire" accelerată și prematură a uleiului folosit.

Căderi spontane sau avarii pot avea loc atunci cînd impuritățile prezintă dimensiuni mai mari decît fantele de trecere; uzura crește dacă impuritățile au un caracter de șlefuire, iar „îmbătrînirea" uleiului duce, prin creșterea viscozității, la un consum mărit de putere.

În general, testele de performanță ale uleiurilor aditivate sesizează prezența impurităților mecanice (2, 3, 4), care determină înrăutățirea rezultatelor obținute pentru diferite teste.

În mod special, ne vom ocupa, în cele ce urmează, de proprietățile de spumare ale uleiurilor aditivate de turbină.

Proprietățile de spumare

Problema determinării influenței impurităților mecanice asupra proprietăților de spumare este deosebit de complexă, înglobînd o serie de aspecte, ca gradul de oxidare al uleiurilor, natura și concentrația impurităților, precum și mărimea acestora.

În vederea stabilirii variației tendinței de spumare și a stabilității spumei în diferite faze de oxidare, mai multe uleiuri aditivate au fost supuse unor oxidări în următoarele condiții:

— cantitatea de ulei	300 ml
— temperatura de oxidare	+130°C
— debit de aer	2 l/h
— catalizator de cupru conform STAS 8930–71.	

Fazele de oxidare s-au ales arbitrar, avînd drept criteriu principal scăderea concentrației componentei antioxidante a aditivului polifuncțional, determinată prin spectroscopia de absorbție în I.R. [5].

Rezultatele obținute se pot urmări în tabelul 1.

După cum se poate observa în tabelul 1, tendința de spumare nu suferă modificări esențiale în timpul oxidării și spuma formată nu

Tabelul 1

Nr. crt.	Denumirea caracteristicilor	Ulei Tb A–20 nou	Ulei Tb A–20 oxidat			
			Faza I	Faza II	Faza III	Faza IV
1	Viscozitatea cinematică [cSt] la 50°C	23,22	23,50	24,11	24,30	25,02
2	Acizi solubili în apă	lipsă	lipsă	lipsă	lipsă	slab acid
3	Viteza de dezemulsionare (40–3–37 ml) [minute]	7	7	10	20	peste 60
4	Tendința de spumare și stabilitatea spumei [ml]					
	la 50°C	30–0	25–0	30–0	35–0	30–0
	la 24°C	35–0	25–0	40–0	40–0	35–0
5	Concentrația de aditiv [%]	1,64	1,30	0,53	0,4	0,1

devine stabilă nici în faza IV de oxidare, la care caracteristicile, ca viteza de dezemulsionare, concentrația aditivului și acizii solubili în apă, au atins valori care în exploatare impun schimbarea uleiului [2].

Variația stabilității spumei, determinată la 24°C și 50°C, pentru uleiurile Tb A–20 oxidate în diferite faze, poate fi urmărită în figurile 1 și 2.

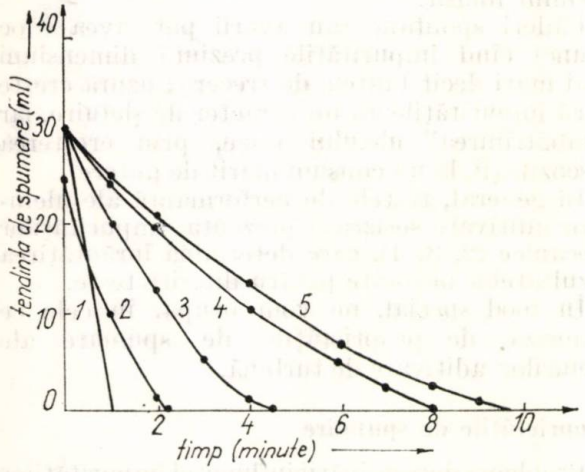


Fig. 1. Ulei TbA–20; t = 24°C.
1 – ulei nou; *2* – faza I; *3* – faza II; *4* – faza III; *5* – faza IV.

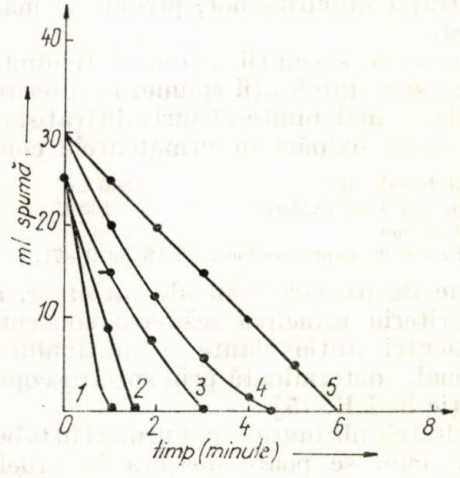


Fig. 2. Ulei TbA–20; t = 50°C
1 – ulei nou; *2* – faza I; *3* – faza II; *4* – faza III; *5* – faza IV.

În ambele cazuri se poate constata o creștere a stabilității spumei, pe măsura înaintării gradului de oxidare a uleiului, iar limita admisă de PE 214–73, de 10 minute, nu este depășită nici în cea mai avansată fază de oxidare, care în mod normal impune schimbarea uleiului [6].

Pentru a stabili influența impurităților mecanice asupra caracteristicilor de spumare ale acestor uleiuri, oxidate în laborator în diferite faze, s-au dozat abraziuni de cupru în diferite concentrații în probele amintite.

În figura 3 se poate urmări variația stabilității spumei pentru unele probe de ulei Tb A–20 ajunse în faza III de oxidare, în care, conform tabelului 1, concentrația aditivului a scăzut pînă la 0,4 %.

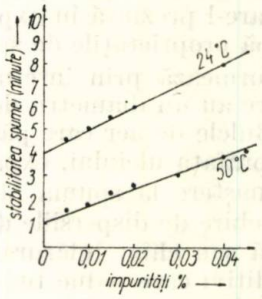


Fig. 3. Ulei TbA–20 oxidat pînă la C_a=0,4%.

În timp ce spuma formată la 24°C devine stabilă la o concentrație a impurităților de aproximativ 0,05%, spuma obținută la 50°C prezintă o ușoară creștere odată cu mărirea concentrației impurităților, și astfel la un grad de impurificare corespunzător unei concentrații de 0,05 %, stabilitatea spumei atinge abia 5 min.

Determinările au fost repetate și cu probe de ulei din faza IV de oxidare, la care concentrația aditivului a atins valoarea limită admisă, adică 0,1 %.

Rezultatele obținute pot fi urmărite în figura 4.

Chiar la acest grad de oxidare stabilitatea spumei determinată la 50°C atinge valoarea-limită admisă la o concentrație a impurităților de 0,035 %. După cum era de așteptat, spuma formată la 24°C depășește limita stabilității admise odată ce impuritățile mecanice prezintă o concentrație de 0,02 %.

Întrucît, în majoritatea agregatelor, se formează depuneri organice, adică produşi de oxidare rezultaţi din „îmbătrînirea" uleiurilor în timpul funcţionării agregatelor, elucidarea

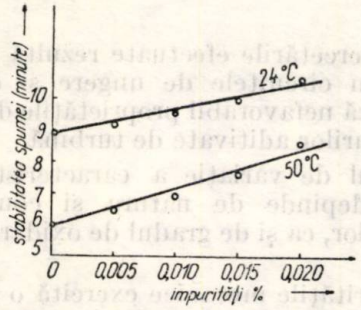


Fig. 4. Ulei TbA-20 oxidat pînă la $C_a = 0{,}1\,\%$.

modului în care asemenea depuneri influenţează proprietăţile de spumare ale uleiurilor prezintă un interes major.

În scopul rezolvării acestei probleme, s-a recoltat, dintr-un turboagregat, şlam organic, care s-a introdus în diferite concentraţii în mai multe uleiuri TbA—20, noi sau parţial oxidate.

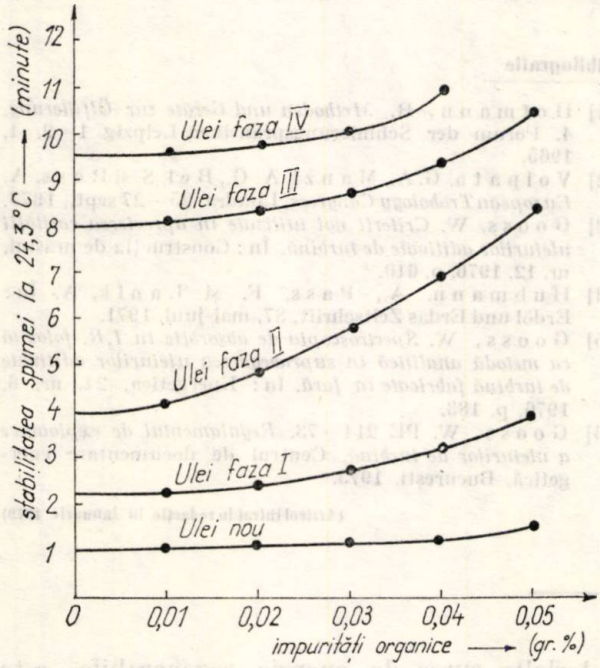


Fig. 5

După cum se observă din figura 5, uleiurile noi sînt foarte puţin afectate de impurităţile organice în privinţa proprietăţilor de spumare.

Se constată că impurificarea uleiurilor cu şlam organic nu afectează, pînă la o concentraţie de 0,03 %, proprietăţile de spumare ale uleiurilor aditivate, chiar dacă prezintă un grad mai avansat de oxidare.

Întrucît, în unele cazuri, uleiurile Tb A—20 s-au dovedit insuficient protejate în privinţa proprietăţilor de spumare, în cele ce urmează vor fi studiate unele probe de ulei, recoltate din agregatele arătate în tabelul 2, în care concentraţia aditivului ne permite să apreciem gradul de oxidare al uleiurilor din turbine.

Tabelul 2

Uleiuri Tb A—20 din agregate	% aditiv
TA 3 Govora	1,1
TA 1 Galaţi	0,8
TA 2 Galaţi	0,88
TA 4 Galaţi	1,04
TG 5 Bucureşti-Sud	1,45
TA 4 Piteşti	1,2

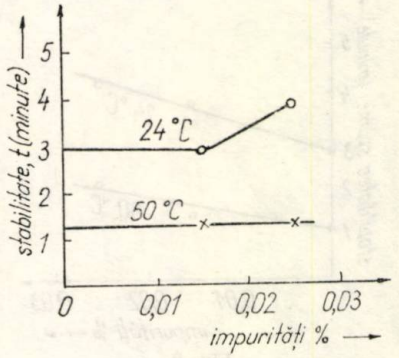


Fig. 6

Comportarea uleiului TbA—20 din TA 3 Govora poate fi urmărită în figura 6.

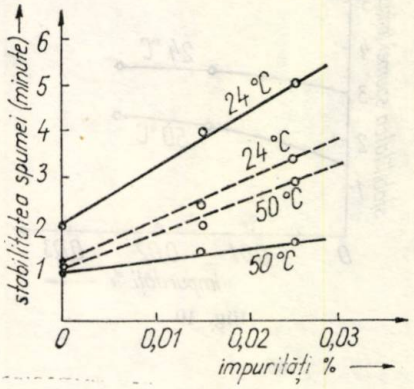


Fig. 7
——— TA1
– – – TA2

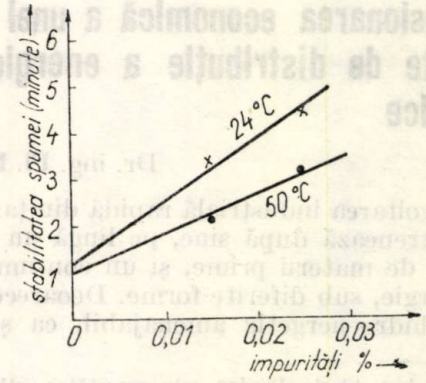


Fig. 8

În figurile 7 și 8 se prezintă variația proprietăților de spumare funcție de impurificarea uleiurilor Tb A—20 din TA 1, TA 2 și TA 4 de la CET Galați.

Comportarea uleiului Tb A—20 din TG 5 de la CET București-Sud poate fi urmărită în figura 9, iar cea a uleiului din TA 4 Pitești în figura 10.

Analizarea figurilor 7, 8, 9 și 10 arată că influența impurităților mecanice asupra stabilității spumei este nepericuloasă la 50°C pentru concentrațiile admise în exploatare. Mai pregnantă este influența impurităților la 24°C, dar nici în aceste cazuri spuma nu atinge stabilitatea limită

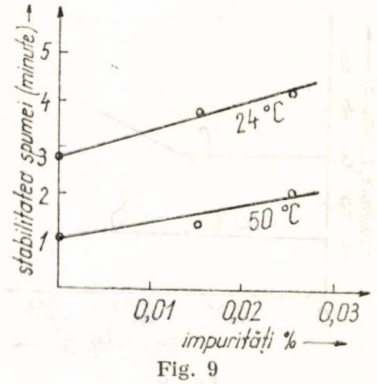


Fig. 9

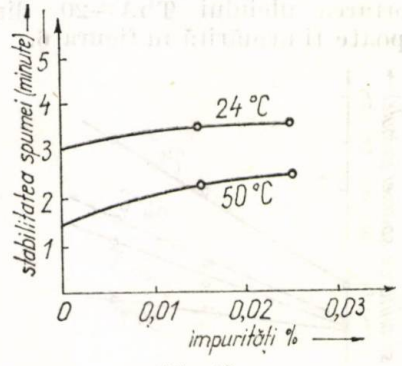


Fig. 10

decît la concentrații ale impurităților ce depășesc cu mult pe cele maximum admise în funcționarea turbinelor.

Concluzii

1. Din cercetările efectuate rezultă că impuritățile din circuitele de ungere și de reglaj influențează nefavorabil proprietățile de spumare ale uleiurilor aditivate de turbină.

2. Modul de variație a caracteristicilor de spumare depinde de natura și concentrația impurităților, ca și de gradul de oxidare a uleiurilor.

3. Impuritățile mecanice exercită o influență nefavorabilă, în sensul că determină o creștere a stabilității spumei ce variază între 0,03 și 0,05 % g.

4. Drept remediu se recomandă purificarea permanentă a uleiurilor prin filtrare-centrifugare într-un circuit secundar — recondiționare fizică ce poate înlătura neajunsurile provocate de impuritățile mecanice în circuitele de ungere și de reglaj ale turboagregatelor.

Bibliografie

[1] Hofmann, R. *Methoden und Geräte zur Ölfilterung.* 4. Forum der Schmierungspraktiker, Leipzig 1—2. 4, 1965.

[2] Volpata, G. A., Manzi, A. G., Bel, S. și Ross, A. *European Trobology Congress,* Londra, 25—27 sept., 1973.

[3] Gooss, W. *Criterii noi utilizate în aprecierea calității uleiurilor aditivate de turbină.* În: Construcția de mașini, nr. 12, 1976, p. 610.

[4] Hubmann, A., Pass, F. și Lanik, A. În: Erdöl und Erdas Zeitschrift, 87, mai-juni, 1971.

[5] Gooss, W. *Spectroscopia de absorbție în I.R. folosită ca metodă analitică în supravegherea uleiurilor aditivate de turbină fabricate în țară.* În: Energetica, 24, nr. 6, 1976, p. 183.

[6] Gooss, W. PE 211—73. *Regulamentul de exploatare a uleiurilor de turbină.* Centrul de documentare energetică, București, 1973.

(Articol intrat în redacție în ianuarie 1979)

Dimensionarea economică a unei rețele buclate de distribuție a energiei electrice

Dr. ing. **Fl. Predan***)

Dezvoltarea industrială rapidă din țara noastră antrenează după sine, pe lîngă un consum ridicat de materii prime, și un consum ridicat de energie, sub diferite forme. Deoarece potențialul hidroenergetic amenajabil, ca și cel al celorlalte surse de energie regenerabile, este limitat, iar obținerea energiei pe cale nucleară rămîne deocamdată la un preț destul de ridicat, necesitățile de energie mereu în creștere se acoperă prin utilizarea combustibililor fosili existenți în țară și cei procurați din import. Aceste surse de energie sînt în cantități limitate și într-un viitor nu prea îndepărtat se va ajunge la dispariția lor.

De aici rezultă necesitatea de a se amenaja tot ce se poate amenaja din sursele regenerabile de energie și, prin orice mijloace posibile, să se economisească consumul din rezerva de surse neregenerabile de energie primară. De asemenea apare necesitatea stringentă de a se economisi

*) Dr. ing. Florin Predan este cercetător științific la ICEMENERG.

energia consumată în diferite procese tehnologice industriale și cu atît mai mult să se micșoreze pierderile de energie de orice formă. Pierderile de energie prezintă un interes atît de mare încît nu se poate concepe proiectarea oricărui proces tehnologic, și cu atît mai mult a unei rețele electrice de alimentare a unui grup de consumatori care consumă o formă superioară de energie cum este energia electrică, fără să se țină seama de această componentă de costuri în calculul tehnico-economic de dimensionare a lor.

După cum se știe, însăși vehicularea energiei electrice, ca de altfel transportul oricărei forme de energie, este însoțită de pierderi care constituie consumurile tehnologice ale acestei vehiculări. Prin nici un mijloc tehnic aceste consumuri tehnologice, nu pot fi reduse la zero. Prin cheltuirea unor valori materiale suplimentare, la o rețea electrică, ele pot fi numai diminuate, dar niciodată anulate. Deși este foarte importantă reducerea oricărei forme de consum tehnologic de energie, într-o rețea electrică nu este rațional să se supradimensioneze structura rețelei numai în scopul reducerii acestor consumuri. În tratarea acestei probleme este necesar să avem în vedere că, pe lîngă alte cheltuieli de valori materiale necesare realizării drumurilor de curent (a rețelei,) în realizarea materialelor care constituie aceste drumuri se consumă și energie sub diverse forme ; altfel spus, existența unui cablu, de exemplu, implică distrugerea unei anumite cantități din stocul existent de energie (de combustibili). Este necesar deci să se ia în considerație toate cheltuielile de valori materiale (inclusiv de combustibili), exprimate prin leu ca măsură a valorii , atunci cînd se stabilesc structura și dimensiunile unei rețele de alimentare a unor viitori consumatori. Este necesar să se evalueze just prețurile diferitelor valori materiale care intră în calculul de dimensionare, dar nicicum să se considere numai una, sau un grup de materii prime, ca singurul factor determinant în dimensionare, și deci și energia consumată, și aceasta cu atît mai mult cu cît mai există încă surse de energie regenerabile care nu sînt încă amenajate.

Problema dificilă în dimensionarea unei rețele electrice buclate complex nu este găsirea unei măsuri a valorii diferitelor componente ale ei, ci găsirea configurației și dimensiunilor care să conducă la cheltuieli de valori materiale minime pe ansamblul acestei rețele, în decursul perioadei ei de viață. Dificultatea problemei constă în aceea că nu se poate include într-o funcție-obiectiv de optimizat explicită costul unei rețele buclate și al consumurilor tehnologice care se vor înregistra în viitoarea exploatare a ei, în funcție de lungimea rețelei, deoarece cu o aceeași lungime de rețea se pot realiza o infinitate de forme de buclare a acesteia, fiecare formă de buclare conducînd la un anumit consum tehnologic. Astfel, neexistînd o funcție-obiectiv de optimizat, exprimată explicit, nu se poate găsi structura și dimensiunile optime ale rețelei buclate, prin aplicarea metodelor matematice de optimizare. În cele ce urmează se va căuta o cale grafo-analitică de depășire a acestor greutăți.

În faza de proiectare este necesară tratarea numai a rețelei buclate, deoarece rețelele de distribuție se proiectează buclate și se exploatează buclat sau radial, radializarea realizîndu-se prin deconectarea laturilor de buclare cele mai descărcate pentru regimul considerat.

Dimensionarea optimă a rețelei

Sînt necesare o serie de aprecieri preliminare, legate de particularitățile rețelelor de distribuție și de ușurința în exploatarea lor.

1. Din motive de exploatare ușoară și de înlăturare rapidă a avariilor, se consideră că viitoarea rețea buclată se va realiza din cabluri de aceeași secțiune. Între două noduri ale rețelei se pot instala mai multe cabluri, după necesitățile de transport al energiei între aceste noduri, dar fiecare dintre aceste cabluri va avea aceeași secțiune.

2. Din aceleași motive se consideră că și punctele de alimentare au transformatoare de aceeași putere unitară.

3. Se consideră cunoscute, ca poziție și ca putere cerută, nodurile consumatoare.

4. La începutul calculului se consideră rețeaua complet buclată, adică oricare dintre nodurile ei este direct conectat cu toate celelalte $n-1$ noduri. Este util să se excludă legăturile dintre noduri care sînt imposibil de realizat sau cele care conduc la distanțe exagerat de mari față de cele medii utilizate la palierul de tensiune considerat în calcul.

5. Între fiecare pereche de noduri, la începutul calculului se consideră legătura realizată din același număr de cabluri n_{ij} ales arbitrar, dar care să fie destul de mare ca să nu apară vreo supraîncărcare la vreuna din laturile rețelei. Pentru siguranță se alege pentru fiecare latură un număr care să poată suporta sarcina tuturor surselor luate la un loc care ar trece prin acea latură la o densitate de curent egală cu cea economică pentru secțiunea aleasă :

$$n_{ij} = \frac{S_t}{\sqrt{3}\, U_n \delta_{ec} A_{ales}} \qquad (1)$$

Se consideră determinată anticipat amplasarea nodurilor surse, precum și sarcina lor. În legătură cu această amplasare sînt o serie de restricții [1] care fac să nu se poată decît parțial pune problema alegerii ei pe criterii economice. Mai apar și următoarele restricții :

— amplasarea unui punct de alimentare, unde trebuie manipulate în exploatare o serie de greutăți mari (transformatoare, celule și

panouri electrice etc.), trebuie realizată de așa natură încît să fie drum de acces și loc de manipulare a acestor greutăți fără să perturbeze celelalte activități ;

— sursa trebuie amplasată cît mai aproape de un consumator mare sau în centrul de greutate al unui grup de consumatori apropiați ;

— în amplasarea sursei trebuie ținut seama de armonia arhitectonică urbană și industrială a zonei ;

— pentru o hală industrială trebuie amplasat nu mai mult de un punct de alimentare, deoarece mai multe ar bloca din spațiul industrial și de manevrare fără a se aduce un aport economic deosebit ;

— amplasarea surselor în halele industriale trebuie făcută astfel încît să fie ferite de locul de desfășurare a proceselor tehnologice industriale curente și de fluxul de intrare a materiilor prime, a produselor industriale intermediare și a produselor finite ;

— în alegerea amplasării surselor de alimentare este necesar să se respecte condițiile PCI ;

— amplasarea surselor trebuie aleasă astfel ca să nu permită accesul publicului la ele și să fie în afara căilor de acces cu flux de circulație intens.

7. Distanțele între două noduri se stabilesc prin alegerea convenabilă a două axe de coordonate rectangulare și prin evaluarea lor cu relația :

$$l_{ij} = x_{ij} + y_{ij} \qquad (2)$$

Pentru această alegere pledează motivul că orașele moderne se sistematizează după un caroiaj de străzi perpendiculare între ele. De asemenea, amplasarea clădirilor unui obiectiv industrial se realizează, din alte motive, de așa natură încît traseele de cabluri, pentru a le ocoli, se pot dispune pe axe perpendiculare. Nici în orașe și nici în incinte industriale nu se pot realiza legături electrice pe trasee diagonale.

Costurile de realizare a rețelei se reflectă în cheltuielile anuale prin amortismente. Deoarece orice investiție de valori materiale trebuie să fie rentabilă, la cheltuielile anuale se mai adaugă și o cotă-parte proporțională cu costurile de realizare. În afară de acestea mai apar cheltuielile datorită pierderilor în rețeaua buclată și cheltuielile de întreținere și exploatare a rețelei în cauză. Considerăm că cheltuielile de întreținere și exploatare sînt proporționale cu lungimea cablurilor rețelei.

Costurile anuale ale existenței unei asemenea rețele buclate sînt :

$$C = (\alpha + p)\, k \sum_{\substack{i,j \\ i<j}} n_{ij} l_{ij} + \frac{c\rho\tau}{A_{ales}} \sum_{\substack{i,j \\ i<j}} \frac{l_{ij}}{n_{ij}} I_{ij}^2 + \\ + TU^2 G \sum_{\substack{i,j \\ i<j}} l_{ij}\, n_{ij} + \gamma \sum_{\substack{i,j \\ i<j}} n_{ij} l_{ij} \qquad (3)$$

în care

α este factorul de amortisment ;
p — factorul de rentabilitate ;
k — costul unui km de cablu ;
n_{ij} — numărul de cabluri în paralel între nodurile i și j ;
l_{ij} — distanța între nodurile i și j ;
ρ — rezistivitatea materialului conductor ;
τ — timpul de pierderi al rețelei ;
A_{ales} — secțiunea aleasă ;
I_{ij} — curentul în latura ij ;
T — timpul cît un cablu este în funcțiune într-un an ;
$U^2 = U_i U_j$ — tensiunile în nodurile i și j ;
G — conductanța pe km de cablu ;
c — costul unității de energie pierdută ;
γ — costul de întreținere anuală pentru un km de cablu.

Din analiza acestei formule de costuri se constată că, pe măsură ce lungimea cablurilor rețelei scade, scad și costurile datorită realizării, întreținerii și exploatării ei, dar cresc costurile datorate pierderilor. Această creștere nu poate fi explicitată și din această cauză nu poate fi realizat calculul de minimizare cu metode matematice obișnuite. Rezultă deci că există sigur un minim de cheltuieli, dar acesta nu poate fi determinat analitic. Rezolvarea problemei nu poate fi realizată decît prin aplicarea unei metodologii numerice.

Cu îndeplinirea condițiilor prezentate anterior se poate realiza calculul în următoarele etape :

1. Se realizează un calcul de regim permanent de funcționare a rețelei buclate complet, de unde rezultă curentul care circulă în aceste condiții pe fiecare latură și, evident :

$$\delta_{ij} = \frac{I_{ij}}{n_{ij} S} \qquad (4)$$

2. Cu relația (3) se calculează costul total anual C în aceste condiții.

3. La cel mai mic dintre toți δ_{ij} calculați la punctul 1 se adaugă o treaptă $\Delta\delta_{ij}$ și se elimină la fiecare latură din legăturile n_{ij}, sau complet latura, pînă se ajunge ca densitatea de curent din fiecare latură să respecte condiția :

$$\delta_{ij} \geqslant \delta_{ij\,min} + \Delta\delta_{ij} \qquad (5)$$

4. Cu rețeaua astfel restructurată se reface calculul de regim și se găsește un nou set de valori pentru I_{ij} și de aici pentru δ_{ij}.

5. Se calculează noul cost al rețelei în acest stadiu, folosind relația (3), și se compară cu cel anterior. Dacă :

$$C_{k+1} < C_k, \qquad (6)$$

se adaugă la valoarea cea mai mică a densității de curent, rezultată în urma calculului de regim de la punctul 4, treapta de densitate de curent. Din condiția (5) se elimină din fiecare latură

numărul necesar de cabluri de legătură pentru a o îndeplini, sau se elimină laturile care nici cu un cablu nu îndeplinesc această condiţie.

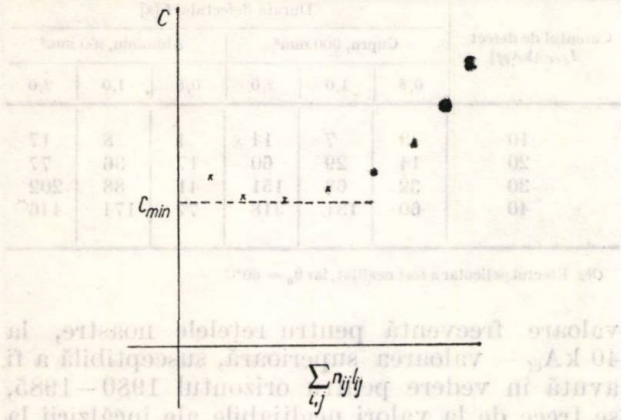


Fig. 1

6. Se reface calculul de regim permanent în această condiţie a reţelei şi se continuă aşa pas cu pas pînă ce apare :

$$C_{k+1} \geq C_k, \qquad (7)$$

aceasta fiind reţeaua care corespunde cheltuielilor anuale minime.

Prin trasarea grafică a curbei costurilor anuale ale reţelei în studiu :

$$C = C(l) \qquad (8)$$

ca în figura 1, rezultă evident acest minim.

Aplicarea metodei este limitată de posibilităţile calculatorului la dispoziţie de a rezolva calculul de regim al reţelei cu un anumit număr de noduri în cazul cel mai greu al buclării complete. Peste un anumit număr de noduri nu se mai poate realiza calculul de regim permanent iniţial, cînd reţeaua este complet buclată, şi nu se mai poate aplica metoda.

În exploatarea unei reţele electrice de distribuţie existente, o problemă importantă este cît apare economic să se dezvolte această reţea, deci să se investească valori suplimentare în ea, pentru a micşora consumurile tehnologice. Metoda prezentată răspunde la această întrebare. Se calculează reţeaua ca şi cînd ar fi nou proiectată, dar i se adaugă restricţia, la eliminarea cablurilor în paralel sau a laturilor, să nu se elimine cablurile existente. La atingerea minimului, laturile care rezultă suplimentar este necesar să fie realizate pentru întărirea reţelei şi micşorarea consumurilor tehnologice.

În cazul în care într-o reţea existentă, împreună cu consumatorii existenţi, apar noi consumatori, apare şi necesitatea de a fi întărite drumurile de curent existente şi de a fi realizate noi drumuri de curent. Metoda se aplică şi în acest caz. Considerăm reţeaua ca nou proiectată unde se cunosc poziţiile şi sarcinile consumatorilor noi şi cei existenţi, care este optimizată după metoda descrisă mai sus, cu restricţia în plus că, dacă între două noduri apare necesitatea eliminării legăturii, dar ea există în realitate realizată, se menţine legătura. Ea reprezintă o cheltuială de valori materiale nejustificată pe deplin, dar care a fost efectuată anterior şi nu se mai poate recupera, aceasta fiind cauza menţinerii ei. Dacă la o legătură existentă rezultă introducerea de noi cabluri de legătură, se va realiza aceasta, de aici nerezultînd că legătura existentă între cele două noduri a fost prost dimensionată. Creşterea se datoreşte în cea mai mare măsură influenţei asupra reţelei existente a noilor consumatori ce se doresc a se introduce.

Concluzii

Metodologia de optimizare prezentată permite proiectarea unei reţele buclate de distribuţie, urbană sau industrială, care să înregistreze costuri anuale minime.

Cu această metodologie se poate aprecia, pentru o reţea de distribuţie existentă, dacă mai este necesar să se investească fonduri în vederea micşorării consumurilor tehnologice în ea.

Metodologia prezentată permite optimizarea amplificării unei reţele existente atunci cînd în zonă apar noi consumatori.

Bibliografie

[1] Bilegan, L. şi Ionescu, Tr. *Dimensionarea economică şi sigură a structurii unei reţele electrice.* Lucrare de cercetare, ICEMENERG, 1978.

[2] Boţan, N., Constantinescu, E. şi Poeată, Al. *Reţele electrice. Calculul electric.*

(Articol intrat în redacţie la 15 ianuarie 1979)

Asupra necesităţii montării cordoanelor de şuntare a elementelor de îmbinare a lanţurilor de izolatoare din staţiile de 110-400 kV

Ing. Marius M. Dăncilă*)

Cercetarea întreprinsă la ICEMENERG şi-a propus stabilirea oportunităţii montării cordoanelor de şuntare a elementelor de îmbinare a lanţurilor de izolatoare din staţiile de 110—400 kV din sistem, prin elementele de îmbinare înţelegîndu-se atît ansamblele şi piesele de legătură dintre conductoare şi izolatoare, cît şi cele dintre izolatoare şi construcţiile de susţinere (ochiuri, nuci, tije etc).

1. Consideraţii privind stabilitatea termică şi dinamică a elementelor de îmbinare a lanţurilor de izolatoare

Condiţia de bază care trebuie asigurată în funcţionarea sistemului energetic constă în fiabilitatea ridicată a elementelor componente. La aprecierea siguranţei în funcţionare trebuie să se ţină seama şi de posibilitatea apariţiei — accidental sau ca urmare a unor manevre — a unor procese tranzitorii, cu consecinţe negative asupra elementelor componente de linie. Dintre aceste procese tranzitorii, scurtcircuitele supun elementele componente ale LEA la solicitări dinamice şi termice severe.

S-a constatat, din exploatare, că o serie de scurtcircuite apărute atît pe LEA cît şi în staţiile de 110—400 kV s-au soldat cu avarii, ca urmare a rezistenţei insuficiente la stabilitate termică şi dinamică a unor elemente componente ale lanţurilor de izolatoare.

Prin urmare, solicitările termice şi dinamice care apar în cazul producerii scurtcircuitelor constituie un criteriu de bază în ceea ce priveşte dimensionarea şi verificarea elementelor componente ale LEA [1], [2].

În ceea ce priveşte solicitările termice, originea acestora poate fi grupată în două mari categorii :

— efect Joule în părţile conductoare traversate de curent ;

— arc electric de defect în vecinătatea lanţurilor de izolatoare.

Referitor la efectul Joule, se poate admite că, funcţie de durata defectului, încălzirea este proporţională cu pătratul densităţii de curent. Ţinînd seama de abacele Gut-Grundberg [$\theta^\circ = f(\sigma^2 \times t)$], a putut fi întocmit tabelul 1, care indică ordinul de mărime al efectului termic.

Se observă prin urmare că, trecînd de la nivelul de 10 kA_{ef} al curentului de scurtcircuit, valoare frecventă pentru reţelele noastre, la 40 kA_{ef} — valoarea superioară, susceptibilă a fi avută în vedere pentru orizontul 1980—1985, se trece de la valori neglijabile ale încălzirii la valori periculoase.

Tabelul 1

Supraîncălzirea funcţie de durată şi intensitatea defectului θ[°C]

Curentul de defect I_{scc} [kA_{ef}]	Durata defectului t [s]					
	Cupru, 300 mm²			Aluminiu, 400 mm²		
	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
10	3	7	14	4	8	17
20	14	29	60	17	36	77
30	32	68	151	41	88	202
40	60	131	318	77	174	446

Obs. Efectul pelicular a fost neglijat, iar $\theta_0 = 60°C$

Cu alte cuvinte, la valori ale curentului de scurtcircuit de 40 kA_{ef}, admiţînd durate ale defectului $\geqslant$ 1 s, încălzirea în timpul defectului impune redimensionarea conductoarelor şi a elementelor conductoare în mod corespunzător. Pe de altă parte, dacă se poate admite că durata defectului poate fi menţinută $\leqslant$0,5 s, sau curentul de scurtcircuit poate fi menţinut $\leqslant$30 kA_{ef}, conductoarele şi elementele conductoare nu ar trebui să fie redimensionate în raport cu suprasolicitările din timpul scurtcircuitelor, ci numai dimensionate în funcţie de curenţii de regim permanent.

Apare, prin urmare, necesitatea introducerii noţiunii de „prag", acesta situîndu-se în domeniul 30—40 kA_{ef} pentru durate de defect de ordinul 1 s — evident fiind faptul că valoarea acestui „prag" trebuie să facă obiectul unor studii pentru fiecare tip de element în parte.

Această determinare se complică însă datorită faptului că în practică avem de-a face cu o serie de situaţii particulare — elemente — la care secţiunile materialului nu sînt uniforme şi, mai mult, diversele piese componente ale unui lanţ de izolatoare formează de fapt un lanţ de contacte ; presiunea de contact se poate modifica în timp datorită unei multitudini de factori externi, precum şi eforturilor electrodinamice. Prin urmare, este puţin probabil să se poată ajunge la un rezultat corect prin calcul, doar încercările experimentale putînd conduce la rezultate viabile.

În ceea ce priveşte eforturile electrodinamice, se poate admite că acestea prezintă un prim vîrf corespunzător primului vîrf al curentului de scurtcircuit ($I_{şoc}$), iar apoi un efort vibrator, corespunzător a două frecvenţe : componenta corespunzătoare frecvenţei curentului de defect, care se amortizează conform componentei aperiodice, şi componenta de frecvenţă dublă, care se menţine pe toată durata defectului (scurtcircuitului).

*) Ing. Marius M. Dăncilă este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG-Bucureşti.

Din punctul de vedere al efectelor termice, în calculele de verificare la stabilitate termică a elementelor LEA este indicat să se reţină tipul de scurtcircuit cel mai dezavantajos, deci solicitările maxime. Plecînd de la această premisă, în studiile ISPE [3] sînt indicate nivelele plafon ale puterilor de scurtcircuit şi ale curenţilor de defect pentru orizontul 1980, conform cărora se face dimensionarea instalaţiilor. Se estimează însă că aceste valori, pentru cazul instalaţiilor de 400 kV vor depăşi după anul 1980 valoarea menţionată de 29 kA_{ef}, apreciindu-se că vor exista noduri în sistem unde curentul de scurtcircuit va putea atinge valori de 35—40 kA_{ef}.

În această situaţie, în condiţiile echipării lanţurilor de izolatoare de la barele staţiilor de 110—400 kV din sistem cu armături de protecţie din seria unitară realizată conform NIC 252—75, se pune problema stabilirii oportunităţii montării unor cordoane de şuntare a elementelor de îmbinare mecanică, atît la partea dinspre conductor cît şi la partea spre construcţiile de susţinere (rigle).

În cadrul unei cercetări anterioare [4] au fost elaborate proiectele armăturilor de protecţie destinate utilizării exclusiv în staţii, prevăzute cu plăcuţe pentru montarea cordoanelor de şuntare.

2. Situaţia pe plan mondial

În general, literatura de specialitate este destul de sumară referitor la problema prevederii unor cordoane de şuntare la extremităţile lanţurilor de izolatoare.

Totuşi, amintim aici că în [5], [6], [7] se precizează că ar fi utilă prevederea unor cordoane de şuntare în staţii, unde se estimează că siguranţa în funcţionare trebuie să fie ridicată, datorită valorilor ridicate ale curentului de scurtcircuit şi repercusiunilor avarierii unui accesoriu al lanţurilor de izolatoare.

Menţiunile făcute nu intră însă în detalii privind dimensionarea, forma, rezultatele unor încercări la stabilitate termică, dinamică etc.

3. Condiţii impuse elementelor de îmbinare ale lanţurilor de izolatoare din punctul de vedere al solicitărilor termice la scurtcircuit

Pentru dimensionarea la solicitări mecanice şi termice în cazul curenţilor de scurtcircuit, se fac comparaţii între mărimile de calcul şi cele de încercare. Comparaţia se referă de regulă la curentul de scurtcircuit de şoc şi la curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit, luîndu-se în considerare scurtcircuitul trifazat.

Din punct de vedere termic, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit nu trebuie să provoace o creştere a temperaturii peste următoarele valori [1], [8]:

Tabelul 2

Specificaţia	Material	Temperatura admisibilă [°C]
Conductoare flexibile, supuse unei solicitări mecanice ≥ 1 kgf/mm²	Aluminiu	130
	Oţel aluminiu	160
	Aldrey	160
	Cupru	170
	Oţel	200
Conductoare rigide neizolate (bare, profiluri)	Aluminiu	180
	Cupru	200
	Oţel	200

Din aceste condiţii rezultă şi valorile de dimensionare mecanică a elementelor lanţurilor de izolatoare, necesar a fi verificate prin încercări de scurtcircuit.

4. Verificarea lanţurilor de izolatoare, cu şi fără cordoane de şuntare

În scopul verificării elementelor de îmbinare a lanţurilor de izolatoare destinate staţiilor de 110 — 400 kV, cu şi fără cordoane de şuntare, la acţiunea curentului de scurtcircuit, au fost luate în considerare proiectele-tip elaborate de ISPE pentru lanţuri simple şi duble de întindere, alcătuite cu izolatoare tip LS75/21, LF75/16, LS85/21, PS(G)12 şi PS16.

4.1. *Condiţii de execuţie a încercărilor*

Încercările s-au efectuat asupra unor montaje experimentale de lanţuri de izolatoare, cu şuntarea elementelor izolatoare şi respectarea conturului parcurs de curentul de scurtcircuit în cazul unui defect pe lanţ (conductor — lanţ de izolatoare — elemente de prindere mecanică la riglă). Din punctul de vedere al elementelor solicitate de curentul de scurtcircuit, încercările pot fi grupate în două categorii:

a) încercări destinate verificării stabilităţii termice a elementelor de îmbinare (fig. 1);

b) încercări destinate stabilirii oportunităţii montării cordoanelor de şuntare (fig. 2).

Trebuie precizate următoarele aspecte:

— S-a urmărit realizarea celor mai dificile condiţii de lucru ale lanţurilor de izolatoare de întindere, din punct de vedere electric, în care scop tensionarea mecanică a lanţului a fost stabilită spre limita inferioară a domeniului de solicitări reale.

— S-au solicitat repetat o serie de elemente, cunoscut fiind faptul că o solicitare termică anterioară poate conduce la modificări structurale ale materialului.

— S-au executat încercări pe configuraţii de lanţuri simple (braţ de lanţ dublu), întrucît, chiar şi în cazul lanţurilor duble, solicitarea se

face pe o singură ramură (conturnare cu dezvoltare în scurtcircuit de durată), în punctul cel mai slab al configurației.

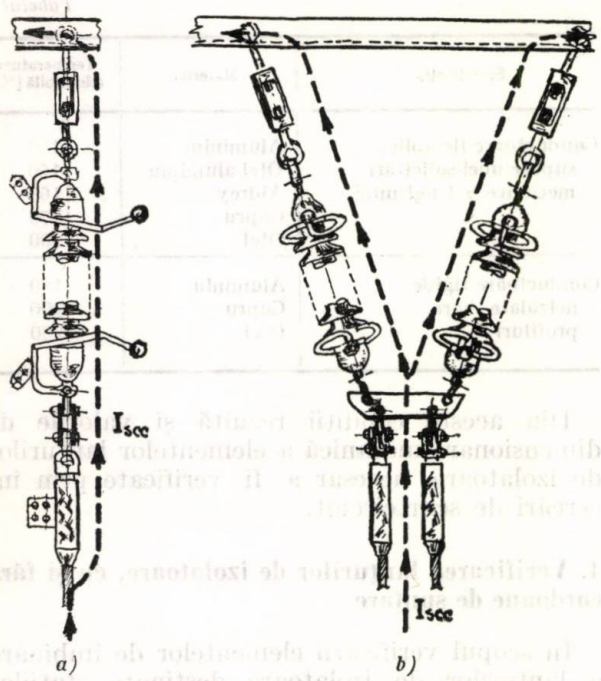


Fig. 1. Conturul parcurs de curentul de defect
a — lanț simplu
b — lanț dublu

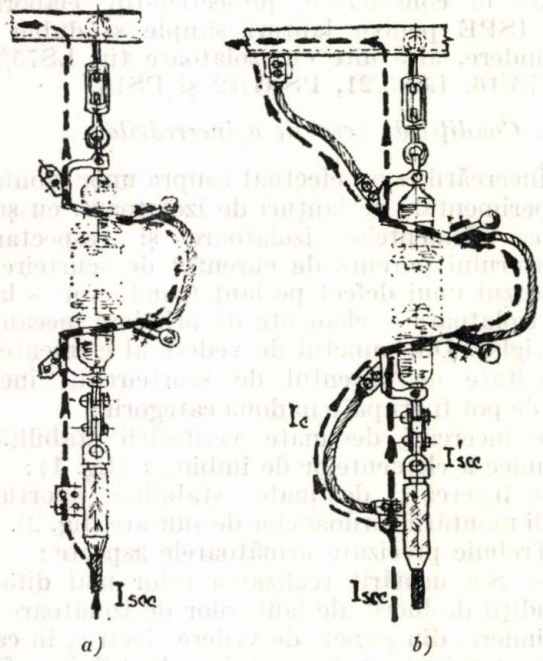


Fig. 2. Conturul parcurs de curentul de defect
a — lanț fără cordoane de șuntare;
b — lanț cu cordoane de șuntare.

— În cazul încercărilor efectuate în scopul stabilirii oportunității montării cordoanelor de șuntare, canalul arcului electric ce apare pe durata scurtcircuitului a fost simulat printr-un șunt între armături, executat din conductor funie de Ol—Al 300 mm², prevăzut la capete cu cleme strînse direct pe brațul armăturii de protecție.

Încercările s-au efectuat în Laboratorul de mare putere al ICP „Electroputere"-Craiova, la curenți de scurtcircuit de 31,5 și 40 kA_{ef}, înregistrîndu-se următorii parametri:

— curentul principal de scurtcircuit (I_{scc});

— curentul deviat prin cordonul de șuntare (I_c);

— temperaturile în principalele puncte ale configurației.

Măsurarea temperaturilor în diferite puncte — considerate reprezentative — ale configurațiilor date s-a realizat cu ajutorul unui aparat tip TERM-2112, clasă de precizie 0,2.

Curenții — principal de scurtcircuit și curentul deviat prin cordonul de șuntare superior — au fost măsurați cu ajutorul unor șunturi tip METRA de 180, respectiv 40 kA, clasă de precizie 0,2.

4.2. *Rezultatele încercărilor*

Rezultatele încercărilor sînt prezentate sintetic în tabelul 3.

A rezultat în general o comportare satisfăcătoare la solicitarea standard (31,5 kA_{ef} — 1 secundă) a tuturor elementelor componente ale lanțurilor de izolatoare, configurațiile încercate acoperind, din punctul de vedere al elementelor componente, toate tipurile de lanțuri de izolatoare de întindere utilizate în stații de 110—400 kV din R.S.R.

Situațiile limită — distrugere de elemente — așa cum a fost cazul la:

— proba nr. 3 : retezarea tijei ochiului OSD16;

— probele nr. 6 și 7 : retezarea la locul de sudură cu inelul a brațului armăturii tip APSP—2;

— probele nr. 13, 14 și 15 : retezarea la locul de sudură cu inelul a brațului armăturilor tip APSP—4 și APIP-4;

— probele nr. 11 și 12 : retezarea tijei tendonului de întindere tip TOR20,

relevă următoarele aspecte:

— în ceea ce privește ochiul de suspensie tip OSD16, se apreciază cazul drept situație accidentală, întrucît elemente similare (OSD16, OSr16) au fost solicitate repetat, în condiții identice, fără a se ajunge la distrugerea lor;

— distrugerea armăturilor de protecție, prin retezarea brațului de la locul de sudură cu inelul, denotă calitatea necorespunzătoare a cordonului de sudură; prezența cordonului de șuntare nu ameliorează comportarea armăturilor întrucît, așa cum se vede și în fig. 2 *b*, curentul de defect parcurge locul de sudură braț-inel;

— retezarea (topirea) tijei filetate a tendonului de întindere TOR20, în configurații fără cordoane de șuntare, se datorește prezenței filetului M24 × 2 pe tija distrusă — deci a unei secțiuni slăbite; cu actualele dimensiuni, limita de stabilitate termică a tendonului TOR20 este 31,5 kA_{ef} — 1 secundă.

Tabelul 3

Nr. crt.	Denumirea configurației încercate	Parametrii încercării						Obs.
		Curentul princip. de scc., kA_{ef}	Curentul princip. de scc. de șoc, kA_{max}	Curentul prin cordon, kA_{ef}	Curentul de șoc prin cordon, kA_{max}	Durata probei, s	Tracțiune mecanică în lanț, daN	
1	Lanț dublu 400 kV pentru izolatoare LS85/21. Fără conductoare de șuntare.	31,6	80,5	—	—	1,0	1800	conf. fig. 1
2	Lanț dublu 400 kV pentru izolatoare PS(G)12. Cu cordoane de șuntare	32,6	80,7	—	—	1,0	1100	conf. fig. 1
3	Idem poz. 2. Fără cordoane	32,0	83,0	—	—	0,98	1100	conf. fig. 1
4	Lanț dublu 400 kV pentru izolatoare PS16. Fără cordoane de șuntare	32,0	79,0	—	—	1,0	800	conf. fig. 1
5	Braț de lanț dublu 400 kV pentru izolatoare PS(G)12. Cu cordoane de șuntare	31,5	80,0	5,57	17,0	1,0	800	cong. fig. 2*b*
6	Braț de lanț dublu 400 kV pentru izolatoare PS16. Cu cordoane de șuntare	40,0	96,5	15,3	45,0	0,60	800	conf. fig. 2*b*
7	Idem poz. 6	41,0	90,0	15,4	53,0	0,42	800	conf. fig. 2*b*
8	Idem poz. 6. Fără cordoane de șuntare	31,5	80,7	—	—	1,0	800	conf. fig. 2*a*
9	Braț de lanț dublu 400 kV pentru izolatoare LS85/21. Cu cordoane de șuntare	40,0	101,5	16,4	68,0	1,0	800	conf. fig. 2*b*
10	Idem poz. 9. Fără cordoane de șuntare	31,5	74,5	—	—	1,0	800	conf. fig. 2*a*
11	Idem poz. 10.	40,0	92,5	—	—	0,62	800	conf. fig. 2*a*
12	Idem poz. 10	40,0	84,0	—	—	0,88	800	conf. fig. 2*a*
13	Lanț simplu 110 kV pentru izolatoare LF75/16. Cu cordoane de șuntare	31,6	80,5	10,7	36,0	0,76	400	conf. fig. 2*b*
14	Idem poz. 13	31,6	81,3	9,0	26,0	0,72	400	conf. fig. 2*b*
15	Idem poz. 13	31,5	79,0	11,05	55,0	0,90	400	conf. fig. 2*b*
16	Lanț simplu 110 kV pentru izolatoare LS75/21 Cu cordoane de șuntare	31,5	79,0	11,65	53,0	1,0	400	conf. fig. 2*b*
17	Idem poz. 16. Fără cordoane de șuntare	31,5	74,3	—	—	1,0	400	conf. fig. 2*a*

Temperaturile măsurate în puncte reprezentative au indicat următoarele domenii de valori :

65 ... 300°C — la diverse îmbinări mobile între piese de oțel ;

200 ... 330°C — la locul de sudură dintre brațul și inelul armăturilor de protecție (excepție cazurile de retezare prin topire) ;

200 ... 310°C — pe corpul armăturilor de protecție (inel) ;

80 ... 170°C — la suprafața cordoanelor de șuntare ;

85 ... 180°C — la suprafața clemelor CPS240, din aluminiu, a cordoanelor de șuntare și la plăcuța corespunzătoare a armăturilor de protecție ;

100 ... 170°C — la suprafața conductoarelor-funie de Ol—Al 300 mm² utilizate pentru simularea canalului arcului electric, parcurse de curenți de scurtcircuit de 31,5 sau 40 kA_{ef}.

Față de aceste valori, se apreciază că solicitările nu au condus la creșteri de temperatură superioare nivelelor menționate în tabelul 2.

În cazul îmbinărilor mobile între piese de oțel (ochiuri, nuci, tije etc.), depășirea valorii de 200°C se datorește în mare măsură rezistențelor de contact de valori relativ mari comparativ cu situația unor configurații asemănătoare din exploatare. Pentru acestea din urmă, tensionarea mecanică și frecarea între piesele aflate în contact conduc la polizarea suprafețelor și implicit reducerea valorii rezistențelor de contact.

În ceea ce privește armăturile de protecție, se menționează că, normal, aceste elemente nu sînt supuse unor solicitări mecanice. În acest caz, criteriul de apreciere a comportării la încălzire ar trebui să fie nivelul la care se poate produce deteriorarea stratului de zinc ($\theta_{top.Zn} = 419°C$), iar din acest punct de vedere se poate afirma că elementele încercate au avut o comportare satisfăcătoare (excepție făcînd, bineînțeles, cazurile de topire a cordoanelor de sudură).

Cordoanele de șuntare au fost executate din funie de Ol—Al 300 mm², prevăzute la capete cu cleme plate de șuntare tip CPS240. Ținînd seama că, din măsurători, a rezultat că acestea sînt parcurse numai de (0,2 ... 0,45) I_{scc}, s-a adoptat în final o secțiune inferioară, și anume 185 mm².

Din punctul de vedere al oportunității montării cordoanelor de șuntare la extremitățile lanțurilor de izolatoare, pe baza rezultatelor experimentale, se apreciază că, în condițiile unei execuții corecte a sudurilor braț-inel ale armăturilor de protecție, *nu este necesară prevederea cordoanelor de șuntare* pentru lanțurile de izolatoare ce urmează a fi montate în stații de 110 și 220 kV în care curentul de scurtcircuit pe bare nu depășește valoarea de 31,5 kA_{ef} — 1 secundă.

Avînd în vedere importanța stațiilor de 400 kV și tendința de creștere a valorii curenților de scurtcircuit peste valoarea de 31,5 kA_{ef}, este necesar să se prevadă :

— posibilitatea montării cordoanelor de șuntare la lanțurile de izolatoare, atît spre rigla cît și spre conductoare, chiar dacă valoarea curen-

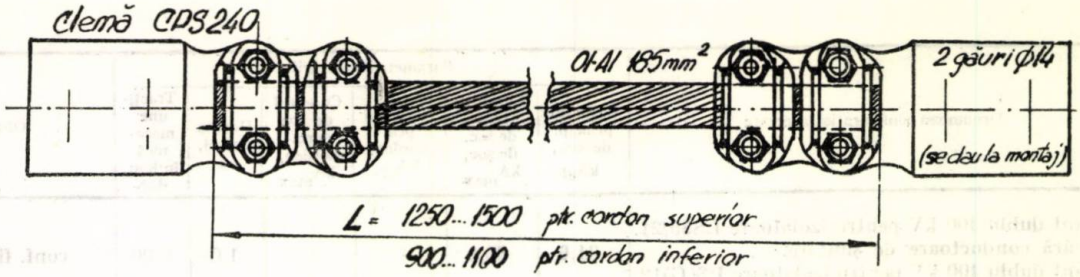


Fig. 3

tului de scurtcircuit la proiectare nu depăşeşte 31,5 kA_{ef};

— lanţuri duble de izolatoare, indiferent de destinaţia circuitelor din staţii.

Tabelul 4 indică modul de utilizare a izolatoarelor, a armăturilor de protecţie şi a cordoanelor de şuntare pentru staţiile de 110—400 kV din sistem.

Tabelul 4

U_{nom} kV	Tip izolator	Armături de protecţie	
		$I_{scc} \leqslant 31{,}5$ kA_{ef}	$I_{scc} > 31{,}5$ kA_{ef}
110	VKLF 75/16	API-4 ; APS-4	—
	VKLS 75/21	API-6 ; APS-6	—
	VKLS 85/21	API-7 ; APS-8	APIP-7 ; APSP-8 (cu cordoane)
	PS(G)12	API-1 ; APS-1	APIP-1 ; APSP-1 (cu cordoane)
220	VKLS 85/21	API-7 ; APS-8 *)	APIP-7 ; APSP-8*) (cu cordoane)
	PS (G)12	API-2 ; APS-2	APIP-2 ; APSP-2 (cu-cordoane)
	PS16	API-2 ; APS-2	APIP-2 ; APSP-2 (cu cordoane)
400	VKLS 85/21	APIP-7 ; APSP-8*)	Lanţuri duble de izolatoare cu cordoane de şuntare
	PS(G)12	APIP—2 ; APSP— 2	
	PS16	APIP—2 ; APSP—2	

*) Cu utilizarea armăturilor intermediare tip APM—2i

Se menţionează că distrugerea izolatoarelor de sticlă prin acţiunea termică a arcului electric se face prin spargerea capei de sticlă, rezistenţa mecanică a „restului" izolatorului reducîndu-se cu mai puţin de 25% din sarcina de rupere garantată, valoare acoperitoare din punctul de vedere al dimensionării mecanice a lanţurilor pentru bare [9].

Cordoanele de şuntare a elementelor de îmbinare-armare a lanţurilor de izolatoare se vor realiza conform datelor din figura 3.

Concluzii

Cercetarea întreprinsă a relevat importanţa efectuării unor încercări de stabilitate termică şi dinamică asupra lanţurilor de izolatoare în configuraţii realizate conform proiectelor-tip, în scopul atestării performanţelor reale ale elementelor componente.

Rezultatele demonstrează că nu este necesară prevederea cordoanelor de şuntare pentru lanţurile de izolatoare de la barele staţiilor de 110—400 kV pentru care nu se întrevede depăşirea valorii de 31,5 kA_{ef} timp de 1 secundă a curentului de scurtcircuit.

Calculul de eficienţă economică a relevat faptul că în urma aplicării rezultatelor cercetării, se vor realiza importante economii anuale de metal (circa 16,5 t oţel, 10,5 t aluminiu, 0,8 t zinc), precum şi manoperă (circa 1,2 mil. lei/an).

Bibliografie

[1] * * * *Instrucţiuni pentru dimensionarea şi verificarea instalaţiilor electroenergetice la solicitări mecanice şi termice în condiţiile curenţilor de scurtcircuit.* Normativ PE103/70 (ed a II-a), MEE, Bucureşti 1977.

[2] Holmgren, B., Landin, I. şi Lindquist, C. *Overhead line design with respect to high shortcircuit currents.* CIGRE, Rap. Nr. 23—01, Paris, 1976.

[3] * * * *Studiu privind dimensionarea şi verificarea la stabilitate termică a elementelor componente ale LEA solicitate de curenţii de scurtcircuit.* ISPE, Lucrarea 6176, Bucureşti, 1969.

[4] Dăncilă, M. *Comportarea la diverse tipuri de solicitări a lanţurilor de izolatoare şi a armăturilor de protecţie ale LEA 110—400 kV.* ICEMENERG, Lucrarea 3008, Bucureşti, 1975.

[5] * * * *Dispositions particulières aux tronçons de lignes à courant de court-circuit important.* EDF-DERT, Service Etudes, Paris, 1968.

[6] Hebert, P. Y. şi Porcheron, Y. M. *Design of a reliable insulator string equipment with respect to power arcs.* IEEE Winter Power Meeting, Conf. Paper No. 69—CP—677 PWR, New York, 1969.

[7] Tellier, R. *Les problèmes de tenue au court-circuit des matériels de lignes aériennes et souterraines.* Bulletin SFE, tome V, no. 52 (1964), p. 258—268.

[8] * * * *Cleme şi armături pentru reţele electrice. Condiţii tehnice generale.* STAS 1566—78.

[9] Dăncilă, M. *Aspecte privind comportarea la încercări mecanice a izolatoarelor solicitate anterior la acţiunea arcului electric de durată.* În : Energetica, 27, nr. 4, 1979.

(Articol intrat în redacţie la 28 decembrie 1978)

Rezerve de putere în exploatarea sistemelor electroenergetice

Dr. ing. **Liviu Lup***)

1. Considerații generale

Experiența privind sistemele electroenergetice ale tuturor țărilor arată că în timpul exploatării acestora apar, față de puterea instalată, diferite categorii de reduceri de putere, categorii care sînt redate, conform STAS 2551—69, în următoarele grupe :

— putere indisponibilă ;
— reduceri de putere disponibilă ;
— reparații planificate ;
— reparații neplanificate cauzate de avarii sau alte incidente de exploatare nedorite.

Pentru realizarea producției de energie electrică, astfel încît să acopere energia necesar a fi produsă cu un grad de siguranță justificat economic, se prevede, în studiile de perspectivă, un nivel de putere instalată corespunzător. Acest nivel de putere instalată acoperă sarcina sistemului (puterea produsă) și reducerile de putere menționate mai sus, restul, atunci cînd există, constituind rezerva efectiv utilizabilă a sistemului din timpul exploatării.

Unele din aceste reduceri de putere au un caracter determinist, iar altele un caracter probabilistic, ceea ce face ca ele să nu poată fi prevăzute (aprioric) cu exactitate, motiv pentru care se prevăd pentru acoperirea lor rezerve de putere.

Studiile de perspectivă prevăd următoarele categorii de rezerve de putere :

— rezerve de putere pentru puterea indisponibilă ;
— rezerve de putere pentru reducerea de putere disponibilă ;
— rezerve de putere pentru reparații planificate ;
— rezerve de putere pentru avarii (atît la agregatele noi, cît și la cele cu vechime în exploatare) ;
— rezerva de putere de sarcină ;
— rezerva de balanță.

În afară de rezerva de balanță — care este prevăzută numai pentru perspectiva îndepărtată atunci cînd ar fi incertă valoarea necesar a se realiza a producției de energie electrică, sau incerte posibilitățile de realizare a unor categorii de centrale electrice, rezervă care se elimină pe parcurs, pe măsură ce problemele se clarifică [1] — , restul de rezerve de putere prevăzute aprioric vor acoperi în exploatare reducerile de putere pentru care au fost prevăzute, sau alte categorii din cele prevăzute, eventual o parte din sarcina sistemului, restul constituind puterea efectiv utilizabilă în rezervă din timpul exploatării (rezerva statică sau turnantă, respectiv rezerva rece sau caldă).

Producția de energie electrică și, respectiv, puterea necesar a fi produsă în sistemele electroenergetice variază continuu ca urmare a punerii sau scoaterii din funcțiune a consumatorilor abonați și ca urmare a încărcării și descărcării acestora.

În timpul scăderii sarcinii în sistem, frecvența curentului electric tinde să crească, iar în timpul creșterii sarcinii frecvența curentului electric tinde să scadă.

Oprirea forțată (din cauza incidentelor de exploatare) a agregatelor din sistem antrenează, de asemenea, scăderea frecvenței, funcție de sarcina avută pe aceste agregate.

Centralele electrice, interconectate în sistem, trebuie să mențină frecvența sistemului între limitele normale, dar pentru aceasta ele trebuie să poată prelua în timp util variațiile de sarcină provocate de consumatori și de ieșirea forțată din funcțiune a unor agregate.

În timpul variațiilor de sarcină ale sistemului sau al opririlor forțate a unor agregate, echilibrul între consumul necesar și producție se menține astfel :

— prin variația sarcinii pe toate agregatele aflate în funcțiune, sarcina pe fiecare agregat variind funcție de caracteristica de reglaj a regulatorului de viteză al fiecărui agregat ;

— prin variația sarcinii pe unele agregate, acționînd la fața locului manual asupra regulatoarelor agregatelor, ca urmare a comenzii telefonice a dispecerului ;

— prin reglajul automat al sarcinii pe unele agregate (cuprinse în reglajul automat centralizat frecvență-putere de schimb).

Creșterea puterii electrice a sistemului energetic național român și interconectarea sa cu sistemele energetice ale țărilor vecine, prin linii de înaltă tensiune, impun stăpînirea circulației de puteri pe aceste linii și contribuția la păstrarea constantă a frecvenței. Aceste cerințe, datorită mărimii puterilor, abaterilor foarte reduse de frecvență admise și siguranței deosebite cerute în schimbul de putere și energie internațional, nu mai pot fi realizate prin comenzi normale și necesită folosirea reglării automate [2].

Urmărirea realizării schimbului de putere prevăzută și contribuția la menținerea frecvenței se impun cu atît mai mult cu cît, actualmente, prețul energiei schimbate neplanificat între țări este funcție de frecvența la care are loc.

În scopul preluării creșterii sarcinii sistemului și a sarcinii grupurilor care se opresc forțat, trebuie să se dispună de rezerve de putere.

*) Liviu Lup este inginer proiectant principal la ISPE.

2. Unele considerații privind rezervele de putere pentru preluarea variațiilor de sarcină și a avariilor momentane

Din lucrările ONU [3] rezultă că valorile rezervei turnante de putere sînt cuprinse între limite largi în diferite țări ale lumii (0—12 % din puterea maximă necesar a fi produsă).

În lucrarea [4] se arată că rezerva turnantă a micilor sisteme trebuie să fie egală cu puterea celui mai mare agregat din sistem. În același timp, puterea celui mai mare agregat din sistem nu trebuie să depășească 10% din puterea instalată în sistem. Se consideră, de asemenea, ca rezervă statică în stare caldă rezerva care poate fi utilizată într-un interval de 35 — 105 minute, precum și rezerva efectiv utilizabilă din centrale cu turbine cu gaze și hidroelectrice, iar ca rezervă staționară rece rezerva agregatelor care pot fi puse în funcțiune în cîteva ore.

În caz de deficit se acceptă, pentru scurte intervale de timp, variația frecvenței cu ± 0,2 Hz. Un sistem de 90 000 MW suportă o pierdere de putere de 1500—3000 MW. Dacă se consideră valoarea energiei reglante de 10 000 MW/Hz, pentru a provoca o variație a frecvenței de 0,1 Hz, respectiv 0,2 Hz, este necesară o variație a puterii de 1000, respectiv 2000 MW (ceea ce echivalează cu variația consumului de ± 1000—2000 MW sau cu oprirea forțată a unor agregate a căror sarcină este de 1000 sau 2000 MW).

În timpul unei variații mari de sarcină pe sistem sau al opririlor forțate a unor agregate, sarcina sistemului nu poate fi preluată în timp util, în ordine economică, de către unitățile cu rezerve de putere, fără abaterea frecvenței în raport cu limitele normale. În acest caz [5] sarcina trebuie să fie preluată momentan și de unitățile cu creșterile relative ale costurilor mai ridicate, care se descarcă apoi pe măsură ce unitățile cu creșteri relative mai scăzute pot fi încărcate. Aceeași soluție se adoptă și pentru centralele cu energie primară deficitară (centrale termoelectrice, la care trebuie economisit combustibilul, sau centralele hidroelectrice cu lacuri de acumulare, la care trebuie economisită apa).

3. Variația sarcinii și a opririlor forțate în exploatarea sistemelor

Dacă se consideră o curbă de sarcină preliminată pentru o zi medie lucrătoare pentru o anumită lună și un anumit an, avînd alura ca cea indicată în figura 1, și un anumit moment din cursul zilei, de exemplu ora 15, variațiile sarcinii care trebuie să fie preluate de agregatele sistemului în intervalul de timp de la ora 15 pînă la ora vîrfului de sarcină pot fi provocate de următoarele elemente :

3.1. *Abaterea sarcinii maxime lunare în raport cu sarcina maximă a zilei medii lucrătoare*, P_{s1}. Valorile medii anuale ale acestei categorii de abateri realizate în trecut sînt în jur de 3,5% din valoarea sarcinii maxime lunare.

Se poate considera în mod orientativ și pentru viitor aceeași abatere a sarcinii de 3,5 %.

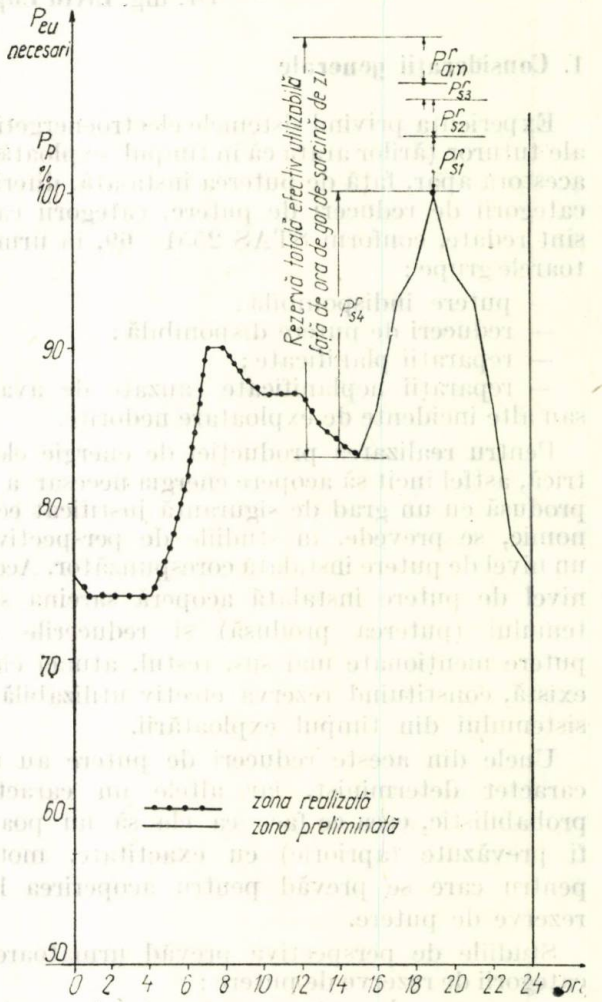


Fig. 1

3.2. *Abaterea sarcinii maxime (realizate) față de valoarea sarcinii maxime lunare preliminate*, P_{s2}. Experiența arată că, în general, abaterea sarcinii maxime realizate, în comparație cu valoarea sarcinii maxime lunare preliminate, este în jur de ± 2,5 % din valoarea sarcinii maxime preliminate.

Pentru viitor se poate considera ca satisfăcătoare o valoare de ± 1,5 la ± 2,5 % din sarcina maximă pentru această categorie de rezervă de putere.

3.3. *Creșterea sarcinii între orele fixe*, P_{s3}, indicată prin diferența între puterea care ar putea să apară între momentele citirii aparatelor indicatoare de putere (valori maxime realizate între ore fixe) și puterea maximă lunară determinată pe baze statistice probabilistice la momentele citirii aparatelor de măsură.

În scopul determinării acestei categorii de rezerve de putere pe baze statistice, este necesar să se utilizeze aparate (megawattmetre) cu înregistrare continuă la toate agregatele.

3.4. *Creşterea normală a sarcinii preliminate*, P_{s4}, dată de creşterea sarcinii maxime în zi medie lucrătoare între ora 15 (ora golului de zi de sarcină) şi ora vîrfului de sarcină.

În anii precedenţi, valoarea creşterii sarcinii între ora de gol de zi şi ora de vîrf de sarcină a fost 15—25 % din valoarea sarcinii de vîrf.

3.5. *Pierderea sarcinii de către agregatele ce se opresc forţat* (ce intră momentan în avarie), P_{am}, în intervalul de timp de la ora de gol de sarcină de zi pînă la ora vîrfului de sarcină.

Rezerva care să acopere avariile momentane poate fi calculată cu relaţia:

$$P^r_{am} = T_c \sum_{i=1}^{g} n_i P_{pi} \frac{\nu_i}{T_{fi}}, \qquad (1)$$

în care

T_c este intervalul de timp considerat (de exemplu de la golul de zi de sarcină şi pînă la ora vîrfului de sarcină). Se consideră că agregatele avariate în acest interval de timp nu mai reintră în funcţiune în cadrul lui;

g — numărul de grupe de agregate din sistem cu valori diferite ale sarcinii şi cu caracteristici diferite;

n_i — numărul de agregate din grupa i;

P_{pi} — maxima orară a puterii medii prevăzute a fi produsă de agregatele din grupa i în intervalul de timp T_c;

ν_i — numărul mediu de avarii înregistrate de agregatele din grupa i sau similare cu ele în intervalul de timp din trecut T_{fi}, în care au funcţionat agregatele de tipul celor din grupa i.

Rezerva optimă de avarii momentane P^r_{am} poate fi calculată şi pe baze tehnico-economice după cum urmează:

Estimînd pentru funcţionarea în viitor a agregatelor din grupa i intensitatea de avarie [5], [6] cu relaţia:

$$\lambda_i = \frac{\nu_i}{T_{fi}} \qquad (2)$$

Considerînd că agregatele se opresc forţat în intervalul de timp T_c cel mult o dată, probabilitatea h_i ca un agregat din grupa i să rămînă în funcţiune în acest interval de timp este:

$$h_i = 1 - f_i, \qquad (3)$$

în care $f_i = \lambda_i T_c$ este probabilitatea ca agregatul să se avarieze în intervalul de timp T_c, cu condiţia ca $T_c \leqslant \nu_i^{-1} T_{fi}$.

Probabilităţile de a se opri în avarie „simultan" (în intervalul de timp T_c) agregatele sistemului sînt date [7] de termenii relaţiei:

$$\prod_{i=1}^{g} (h_i + f_i)^{n_i} = 1 \qquad (4)$$

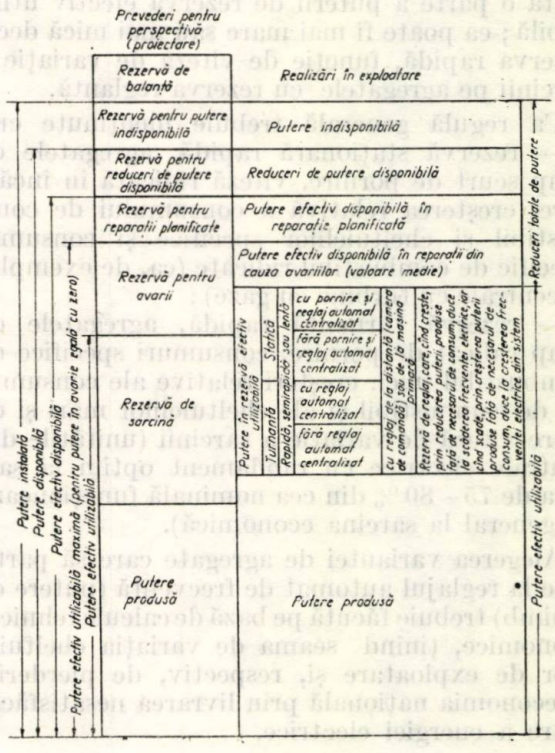
Calculînd, pe de o parte, valoarea (pierderea în economia naţională) corespunzătoare energiei probabil pierdute în cazul a diferite nivele de rezervă de putere pentru avarii momentane, iar pe de altă parte valoarea cheltuielilor efectuate prin instalarea şi exploatarea diferitelor nivele de putere de rezervă, se va putea obţine soluţia optimă ca soluţie care dă cheltuielile totale actualizate minime.

4. Preluarea variaţiilor de sarcină şi a avariilor momentane de către agregatele sistemului

În timpul exploatării sistemelor, o parte a puterii instalate se află în reparaţii planificate, în avarii sau reduceri de putere disponibilă (ca, de exemplu, la CHE din cauza debitului de apă sau a nivelului scăzut al apei în lacurile de acumulare), o a doua parte acoperă sarcina momentană şi o a treia parte reprezintă rezerva momentană efectiv utilizabilă.

În scopul acoperirii satisfăcătoare a vîrfului de sarcină al sistemului, puterea de rezervă efectiv utilizabilă P^r_{eu} necesară la un moment dat (ora golului de zi de sarcină) din o zi anumită este dată de relaţia:

$$P^r_{eu} = P^r_{s1} + P^r_{s2} + P^r_{s3} + P^r_{s4} + P^r_{am} - P_r, \qquad (5)$$



în care :

P^r_{s1}, P^r_{s2}, P^r_{s3}, P^r_{s4} sînt rezervele de putere care trebuie să suporte variațiile de sarcină P_{s1}, P_{s2}, P_{s3} și P_{s4};

P^r_{am} — rezerva de putere pentru acoperirea avariilor momentane;

P_r — puterea agregatelor care intră în funcțiune ca urmare a terminării reparațiilor planificate sau cauzate de avarii.

Această rezervă de putere, P^r_{cu}, poate fi staționară sau turnantă.

Condiția impusă acestei categorii de rezerve de putere este de a putea acoperi în timp util variațiile (creșterile) de sarcină ale sistemului și, respectiv, ale agregatelor care se avariază momentan.

Trebuie să se caute ca preluarea sarcinilor sistemului să se facă cu minimum de cheltuieli.

Puterea în rezervă rapidă este acea parte a rezervei efectiv utilizabile care poate fi consumată în timp util (după STAS 2551—1969, în mai puțin de 15 minute).

Puterea în rezervă rapidă poate fi, de asemenea, staționară sau turnantă.

Categoria de rezervă de putere pentru reglaj automat și centralizat al frecvenței este dată de rezerva de putere a agregatelor în funcțiune sau în rezervă statică, care preiau sarcina în mod automat și centralizat în funcție de variația frecvenței (sau a puterii de schimb din interconexiune).

Rezerva reglantă automat și centralizat reprezintă o parte a puterii de rezervă efectiv utilizabilă; ea poate fi mai mare sau mai mică decît rezerva rapidă, funcție de viteza de variație a sarcinii pe agregatele cu rezerva reglantă.

Ca regulă generală trebuie menținute cu :

— rezervă staționară rapidă, agregatele cu timp scurt de pornire, viteză ridicată în încărcare, creșterea relativă a consumului de combustibil și cheltuielilor specifice și consumul specific de combustibil ridicate (ca, de exemplu, la centrale cu turbine cu gaze);

— rezervă turnantă rapidă, agregatele cu timp ridicat de pornire, consumuri specifice de combustibil mici, creșteri relative ale consumului de combustibil și ale cheltuielilor mari și cu mare viteză de variație a sarcinii (unitățile din centrale electrice cu randament optim la sarcina de 75—80 % din cea nominală funcționează în general la sarcina economică).

Alegerea variantei de agregate care să participe la reglajul automat de frecvență (putere de schimb) trebuie făcută pe bază de calcule tehnico-economice, ținînd seama de variația cheltuielilor de exploatare și, respectiv, de pierderile în economia națională prin livrarea nesatisfăcătoare a energiei electrice.

Consumul specific de combustibil al agregatelor participante la reglajul automat va crește. Pentru o variație a sarcinii de ± 20 % din sarcina maximă, consumul specific de căldură al unității turbină-generator va crește cu 0,5 % dacă variațiile au loc în jurul sarcinii de 80 % din sarcina maximă și cu 2 % în jurul sarcinii de 60 % [2].

Pentru cazane de abur, variațiile sarcinii de ± 10 % din sarcina maximă în timp de 5—10 minute, respectiv la viteza de încărcare-descărcare de ± 1 la ± 2 % /minut duc la creșterea consumului de căldură de 2—3 %. Variațiile sarcinii de ± 20 % duc la creșterea consumului de combustibil cu 4—6 %.

Variația continuă a sarcinii cu ± 20 % antrenează, de asemenea, reducerea duratei de viață a agregatelor.

Trebuie remarcat că și consumul specific de apă la centralele hidroelectrice crește în cazul participării lor la reglajul automat.

Pentru o centrală hidroelectrică cu cădere mică a apei, lac de acumulare cu volum mic și cu diferențe relativ mari între nivelele maxim și minim din lac, la funcționarea pe firul apei (la nivel maxim în lac) se produce cu 2—5 % mai multă energie electrică decît la funcționarea centralei în regim variabil, caz în care nivelul apei în lac variază între minim și maxim.

Unitățile care participă la reglajul automat al frecvenței trebuie echipate cu blocaje pentru ca unii parametri ai turbinei și ai cazanului să nu atingă limite periculoase la variațiile repetate ale sarcinii. Astfel, la centralele termoelectrice se prevăd blocaje în funcție de presiune, temperatură, nivel etc. și la cele hidroelectrice în funcție de nivelul apei în castelul de echilibru [2].

În sistemele interconectate, o parte din rezervele de putere P^r_{s1}, P^r_{s2}, P^r_{s3}, P^r_{am} pot fi acoperite și din interconexiune, în cadrul schimburilor neplanificate de energie și putere.

5. Unele valori ale rezervelor de putere în exploatarea sistemului

Considerînd pentru o zi anumită sarcina maximă a sistemului de 14 270 MW, pentru diferite valori orare ale sarcinii și ale reducerilor de putere (în special a avariilor) apar diferite valori ale rezervei efectiv utilizabile, așa cum rezultă din tabelul 1.

Valorile prezentate în tabelul 1 pentru puterea în rezervă efectiv utilizabilă sînt numai exemplificative, deoarece ele pot avea un cîmp mai mare, funcție de valoarea efectivă a sarcinii și a diferitelor categorii de reduceri de putere.

Variația orară a sarcinii sistemului are diferite valori. Pentru același exemplu ca și în tabelul 1, variația orară a sarcinii poate avea următoarele valori :

20 MW/h între orele 2 și 3;
3770 MW/h între orele 6 și 7;
430 MW/h între orele 19 și 20.

Tabelul 1

Reduceri de rezerve de putere în sistemul centralelor la unele ore din zi şi pentru diferite valori ale sarcinii (MW)

Nr. crt.	Ora	3		6		7		21		
1	Sarcina sistemului (puterea produsă)	8890	8890	9390	9390	13660	14270	14270	14270	14270
2	Puterea instalată optimă	22240	22240	22240	22240	22240	22240	22240	22240	22240
3	Reduceri totale de putere	7257	6247	7257	7947	7257	7947	6247	7257	7947
3.1	Avarii	1810	800	1810	2500	1810	2500	800	1810	2500
3.2	Reparaţii planificate	3367	3367	3367	3367	3367	3367	3367	3367	3367
3.3	Putere efectiv indisponibilă	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080
4	Rezerva efectiv utilizabilă [2−(1+3)]	6093	7103	5593	4903	1323	633	1723	720	23
4.1	Pentru sarcină	5443	6453	4943	4253	713	633	1073	713	23
4.2	Pentru avarii momentane	650	650	650	650	610	0	650	7	0

Rezultă, din cele de mai sus, că rezerva turnantă necesară pentru acoperirea sarcinii şi a avariilor momentane este funcţie atît de alura curbelor de sarcină şi reducerile de putere existente, cît şi de posibilităţile de preluare a variaţiilor de sarcină de către agregate.

Bibliografie

[1] Lup, L. Teză de doctorat. Bucureşti, 1978.

[2] Badea, I. A. şi Spînu, A. *Reglarea automată frecvenţă-putere în sistemul energetic naţional român.* În: Energetica nr. 8, 1967, p. 338 – 344.

[3] *** ONU – Consiliul Economic şi Social. *Metode şi criterii aplicate concepţiei şi planificării marilor sisteme electrice.* Secţia a 8-a, 31 mai – 2 iunie 1976.

[4] Goldsmith Luder, H. A. şi Wahl, J. *L'influence de l'acroissement de la puissance unitaire des groupes thermiques et nucléaires sur les échanges d'énergie internationaux en Europe Occidentale.* Bulletin de l'ASE nr. 15, iulie 1969, p. 685–692.

[5] Becker, G. *Prozessrechner zur Optimierung des Kraftwerkseinsatzes und zur Netzkennlinienregelung.* În: Elektrotehnische Zeitschrift, nr. 5, 1972, p. 251–253.

[6] Hall, J. D., Ringlee, R. J. şi Wood, A. J. *Frequency and duration method for power system reliability calculations.* În: Power Apparatus and Systems, 1968, nr. 9, p. 1789–1796.

[7] Lup, L. *La reprise des variations d la charge et des arrêts forcés momentanés des systèmes électroénergétiques.* În: Buletinul ISPE, nr. 4, 1973.

(Articol intrat în redacţie la 28 decembrie 1978)

Despre recepţia echipamentelor energetice şi despre obligaţiile şi răspunderea care derivă din aceasta

Cons. jur. **Dumitru Stambuliu** şi jurisconsult **Constanţa Gheorghe***)

Începînd cu acest număr al revistei, redacţia îşi propune să publice articole originale sau note privind aspecte juridice specifice unităţilor din cadrul sectorului energetic, care să constituie un îndrumar pentru jurisconsulţii şi cadrele tehnice şi economice din aceste unităţi, care, prin natura funcţiei lor, necesită cunoştinţe în acest domeniu. Totodată, redacţia face apel către cititori pentru a colabora la această rubrică.

Dezvoltarea în ritm susţinut a economiei naţionale a impus în mod permanent îmbunătăţirea funcţionării sistemului energetic naţional, astfel încît alimentarea cu energie electrică şi termică a consumatorilor să se desfăşoare în condiţii de siguranţă sporită. Această situaţie obiectivă a constituit o preocupare permanentă a conducerii superioare de partid şi de stat, ultima dată manifestată şi prin Decretul Consiliului de Stat nr. 58/2.III.1978, privind organizarea şi funcţionarea Consiliului de coordonare a dezvoltării bazei energetice şi funcţionării sistemului energetic naţional.

Transpunerea în practică a politicii statului în domeniul energiei electrice şi termice a fost concretizată în actul de organizare şi, respectiv, atribuţiile Ministerului Energiei Electrice. În acest cadru legal, sarcinile şi răspunderile pentru funcţionarea optimă şi în condiţii de siguranţă a instalaţiilor electroenergetice şi pentru alimentarea tuturor categoriilor de consumatori, în special a platformelor industriale, cu energie electrică şi termică, la parametri calitativ superiori şi la nivelul cotelor alocate, în condiţiile unui consum energetic raţional şi de economisire a combustibililor şi energiei, au revenit în exclusivitate acestui minister.

Prin exercitarea acestor atribuţii şi răspunderi, care au constituit în mod constant preocuparea prioritară a Ministerului Energiei Electrice, în calitatea sa de beneficiar al echipamentelor furnizate în principal de unităţile Ministerului Construcţiilor de Maşini, s-au putut constata, în exploatarea acestora, deficienţe de natură constructivă, în unele cazuri, sau dato-

*) Autorii lucrează la ICEMENERG.

rate unei calităţi necorespunzătoare generate de o execuţie defectuoasă, în alte cazuri.

Pe baze statistice s-a putut determina natura şi frecvenţa acestor lipsuri calitative, care uneori au condus la incidente şi avarii ce au afectat funcţionarea sistemului energetic naţional.

În unele cazuri, aceste incidente şi avarii au produs pagube importante economiei naţionale, prin întreruperea furnizării energiei electrice şi termice, aceasta datorită în principal calităţii uneori necorespzunzătoare a echipamentelor.

Analiza aprofundată a cauzelor deficienţelor calitative arătate mai sus a dus la concluzia că se impune participarea, în uzinele constructoare, a specialiştilor celor mai calificaţi din cadrul M.E.E., atît la omologarea prototipurilor de echipamente noi sau modernizate, cît şi la recepţia oricăror echipamente ce prezintă un grad de complexitate ridicat.

*

Transpunerea în practică a acestei concluzii, corelată cu dispoziţiile art. 14—15 din Legea nr. 71/1969 (actualmente art. 34—35), privind contractele economice, precum şi ale Legii nr. 2/1970 privind calitatea produselor, s-a concretizat în ordinul M.E.E. nr. 190/4.III.1971. Prin acesta s-a dispus ca, pentru echipamentele complexe, unicate sau de serie, operaţiile de control pe parcursul fabricaţiei şi recepţia la livrare — prevăzute în mod expres şi detaliat în contractul de furnitură — să se facă pentru unităţile beneficiare, de unităţi specializate împuternicite, avînd calitatea de reprezentante ale acestora, la uzinele furnizoare de echipamente, pe bază de contracte încheiate în acest sens.

Este evident că această soluţie s-a impus ca o consecinţă logică a aplicării principiului diviziunii muncii, impus de specializarea continuă a activităţilor tehnice.

Prin anexa la acest ordin — „Instrucţiuni-cadru" — se reglementează relaţiile dintre unităţile împuternicite şi beneficiarii direcţi, în ceea ce priveşte răspunderea împuterniciţilor pentru modul cum îşi îndeplinesc atribuţiile ce le revin, precum şi drepturile şi obligaţiile părţilor.

În acest sens, se arată că unităţile împuternicite lucrează prin prepuşii lor, în numele beneficiarilor, luînd parte la controalele, verificările şi probele principale care se fac în uzinele furnizoare şi în mod special la controalele şi probele finale, în scopul verificării modului cum se îndeplinesc prevederile de calitate înscrise în contractele de livrare şi în actele normative ce reglementează materia.

Obiectivele stabilite pentru aceste unităţi sînt : calitatea subansamblelor, execuţia corespunzătoare în fabricaţie, respectarea proiectelor de execuţie şi a caietelor de sarcini întocmite de proiectanţi, respectarea datelor din documentaţia comenzilor beneficiarilor, îndeplinirea condiţiilor tehnice convenite şi îndeplinirea prevederilor normelor în vigoare, pentru echipamentele respective.

De asemenea sînt precizate limitele în care se exercită împuternicirea, exceptîndu-se în mod expres atît derogările, cît şi volumul şi condiţiile de efectuare a probelor, care rămîn la latitudinea exclusivă a beneficiarilor.

O altă obligaţie ce revine unităţilor împuternicite este şi aceea de a transmite beneficiarilor orice informaţii şi documentaţii privind proiectarea, montajul şi exploatarea echipamentelor pe care le obţin de la producătorii-furnizori.

Pe de altă parte, se stabilesc şi obligaţii ale unităţilor beneficiare directe, din care enumerăm : asistenţa necesară desfăşurării activităţii de control-recepţie, punerea la dispoziţie a oricăror documentaţii pe care le posedă privind echipamentele respective şi posibilitatea de a participa, în paralel cu specialiştii unităţii împuternicite, la aceste operaţii.

Organizarea de către Ministerul Energiei Electrice a acestei activităţi derivînd din prevederile Legii nr. 71/1969 şi ale Legii nr. 2/1970 — privind asigurarea şi controlul calităţii produselor — a fost însuşită şi de Ministerul Construcţiilor de Maşini, principalul furnizor de echipamente energetice, în care scop s-a emis ordinul comun nr. 91/19.VIII.1971 — 858/15.IX. 1971, prin care se creează obligativitatea, pentru toate unităţile subordonate celor două ministere, de a colabora pentru asigurarea controlului şi recepţiei la furnizor, prin unităţi specializate.

Problema funcţionării în siguranţă a sistemului energetic naţional, avînd drept componentă principală calitatea echipamentelor, a fost analizată de o comisie înfiinţată în baza Decretului Consiliului de Stat nr. 397/1971, care a elaborat un plan de măsuri, în urma căruia a fost emis ordinul comun IGSCCP/MICM/MEE nr. 4/7/49 din 20.I.1972. Prin acest ordin, printre alte probleme privind calitatea echipamentelor energetice, s-a dispus şi elaborarea regulamentului privind desfăşurarea activităţii de control-recepţie a echipamentelor şi utilajelor necesare unităţilor M.E.E., la furnizori.

Din acest regulament rezultă că beneficiarii sînt reprezentaţi de unităţi specializate, prin care participă la controlul, verificarea şi probele principale, şi în special la verificarea şi probele finale în uzinele constructoare, înainte de expedierea echipamentelor, aşa cum se prevăzuse şi în instrucţiunile-cadru amintite mai sus, care au constituit anexa la ordinul M.E.E. nr. 190/1971.

Elementele de noutate ce rezultă din acest regulament constau în precizarea că organele CTC ale unităţilor constructoare rămîn obligate

să efectueze controalele și probele prescrise, iar unitățile imputernicite, în cazul constatării de deficiențe sau necorespunderi, vor cere repetarea probei respective, însă numai în prezența reprezentanților beneficiarilor și ai furnizorilor.

În lumina prevederii de mai sus s-ar putea trage concluzia că ultimilor doi le-ar fi fost deschisă posibilitatea de a conveni asupra unor eventuale derogări de la calitate. În prezent acest mod de interpretare nu este admisibil, deoarece, potrivit art. 24 din Legea nr. 7/1977, aprobarea unor derogări de la calitate este interzisă la nivelul unităților economice.

În această situație considerăm că unitatea imputernicită ar avea răspundere numai în cazul în care nu ar solicita repetarea probei, atunci cînd necesitatea o impune, și ar admite echipamentul la recepție sau atunci cînd, deși cunoscînd că rezultatele probei repetate au fost tot nesatisfăcătoare, ar admite la recepție echipamentul în cauză.

Prin regulamentul sus-amintit se mai stabilește că verificarea parțială — prin sondaj — a calității furniturii nu absolvă pe furnizor de răspunderea pentru deficiențele care s-ar putea constata mai tîrziu, în timpul celorlalte controale și probe, prevăzute a fi efectuate în timpul montajului și punerii în funcțiune, precum și exploatării pe durata de garanție.

Considerăm că prin aceasta unitatea imputernicită este exonerată de răspundere, sub condiția ca acest mod de control și recepție specific echipamentelor de serie să fie convenit expres, atît prin contractul de furnitură, cît și prin cel de recepție.

Este de asemenea de reținut prevederea prin care unitatea imputernicită are obligația de a participa permanent numai la acele faze de control menționate expres în cele două contracte, în care caz considerăm că are răspundere pentru neîndeplinirea obligațiilor contractuale numai în ipoteza absenței sale la acele faze. Această răspundere are efecte imediate asupra plății de către beneficiar a contravalorii prestației, cu eventuale penalități și efecte întîrziate pentru eventuale daune, în cazul apariției unor deficiențe calitative după expirarea termenului de garanție.

Pentru a se limita competența unității recepționere, sub raportul contractului de furnitură existent între beneficiar și furnizor, s-a mai precizat că unitatea imputernicită preia numai acele obligații tehnice prevăzute în contract referitoare la condițiile de calitate, și nu orice alte obligații de natură economică sau alta, convenite între părți, prin contractul de furnitură.

În acest cadru, bine delimitat, atît în timp cît și ca sferă de activitate, fapta culpabilă ce singură atrage răspunderea unității imputernicite este denumită „slabă recepție", fără nici o altă precizare a conținutului, evident insuficient, al acestei noțiuni.

De asemenea, se mai precizează că răspunderea unității imputernicite nu este angajată în cazul viciilor ascunse. Pe cale de consecință, răspunderea pentru acest gen de vicii rămîne în întregime și exclusiv furnizorului.

Ca urmare, și în aplicarea acestor reglementări a fost încheiată, în anul 1973, o convenție, în vigoare și astăzi, privind modul de lucru în uzinele constructoare ale M.I.C.M., între GUAME Craiova — uzină constructoare — și fosta IRME, actualmente ICEMENERG — unitate imputernicită — , din care reținem că aceasta din urmă are calitatea de reprezentant unic al Ministerului Energiei Electrice, pentru toate unitățile beneficiare. În această calitate va efectua prin sondaj, pe parcursul fabricației, controlul pieselor și recepția finală, așa cum s-a convenit prin contractul de furnitură și în conformitate cu prescripțiile tehnice uzinale de execuție.

Acest document mai reglementează și cazul în care, unitatea imputernicită neputînd face față volumului controlului și recepției, echipamentele urmează a fi livrate pe răspunderea furnizorului. Această clauză impune analizarea ei.

Potrivit al. 2 al art. 15 din Legea nr. 71/1969 (actualmente art. 35), pentru utilajele tehnologice, instalații și alte produse de complexitate tehnică ridicată, recepția beneficiarului este obligatorie, așa cum este cazul echipamentelor energetice. Prevederea este reluată și de Legea nr. 2/1970 și se regăsește și în Legea nr. 7/1977.

Dispoziția imperativă a legii face ca această clauză să fie lovită de nulitate absolută.

Cu toate acestea, o asemenea situație obiectivă, datorită unui volum mare de echipamente ce se impun a fi recepționate, poate apărea în practică și poate fi evitată de unitatea recepționeră numai prin refuzul de a încheia contractul de recepție motivat prin lipsa de forțe de muncă dovedită.

În atare împrejurări, beneficiarul urmează a participa nemijlocit la recepție, dispoziția legală mai sus-amintită excluzînd posibilitatea autorecepției.

Considerînd că activitatea de recepție se efectuează pentru beneficiar în condițiile Legii nr. 71/1969, deci contractele încheiate sînt contracte economice în sensul acelei legi, Ministerul Energiei Electrice, în baza HCM nr. 1011/1972*), privind unele măsuri pentru aplicarea legii contractelor economice, a emis ordinul nr. 907/22.XI.1973, prin care a aprobat și modelul de contract economic pentru controlul și recepția calitativă a echipamentelor destinate unităților beneficiare subordonate.

Este de reținut din acest model de contract că unitățile recepționere se obligă să efectueze controlul și să recepționeze loco-fabrică echipa-

*) actualmente abrogat, dispoziția fiind preluată în art. 14 al. III din Legea nr. 71/1969, astfel cum a fost modificată prin Legea nr. 3/1979.

mente necesare sistemului energetic național, în condițiile de calitate și recepție impuse prin contractul de furnitură, cu mențiunea că obiectul contractului se referă la controlul și recepția echipamentului executat, și nu la cercetarea și proiectarea, depozitarea, riscurile, manipularea și transportul acestuia.

Este, de asemenea, important de reținut că prin aplicarea ștampilei „Recepția M.E.E." se confirmă corespunderea calitativă a echipamentelor recepționate la probele efectuate, iar pe de altă parte că recepția privește numai perioadele de garanție prevăzute în contractele de furnitură.

Din reglementarea contractuală a condițiilor tehnice pentru furniturile complexe din țară, elaborată de M.E.E. sub nr. 65502 din 6.I. 1976, rezultă că unitățile beneficiare sînt obligate să cuprindă în contractele de livrare cu furnizorii condițiile tehnice ale echipamentelor, în funcție de care se realizează recepția de către unitățile împuternicite, ceea ce conduce la concluzia că, în mod necesar, acestea din urmă au obligația de a le avea în vedere la probele finale și, respectiv, la recepție, cu precizarea că răspunderea conținutului acestora rămîne în mod exclusiv beneficiarului, care și le-a însușit.

Toate reglementările mai sus enunțate s-au întemeiat pe prevederile Legii nr. 2/1970, privind asigurarea și controlul calității produselor.

Evoluția constantă și rapidă a tehnicii a impus însă perfecționarea normelor legale, și ca atare a fost adoptată Legea nr. 7/1977, privind calitatea produselor și serviciilor.

Analizînd prevederile acestei legi sub aspectul obligațiilor și răspunderii celor trei părți, se reține următoarele :

— obligațiile și răspunderea producătorului au fost accentuate și sînt enumerate detaliat, întinderea acestora operînd, conform art. 31 din lege, asupra perioadei de execuție, asupra deficiențelor de calitate apărute în termenul de garanție, precum și a viciilor ascunse rezultate din fabricație, pe toată perioada de utilizare normată în care echipamentele trebuie să-și mențină nemodificate caracteristicile funcționale.

Din formularea al. 1 și 2 ale art. 31 din lege rezultă că unitatea producătoare răspunde, pînă la expirarea termenului de garanție, de orice deficiență de calitate, dacă nu se dovedește că aceasta nu îi este imputabilă.

Din aceste prevederi, în comentariul asupra noii legi, publicat în Revista română de drept nr. 8/1977, p. 11—15, dr. M. Constantinescu trage concluzia că orice deficiență de calitate se prezumă a fi imputabilă producătorului, independent de existența sau inexistența culpei proprii în comportamentul său și chiar în afara acestuia, începînd din momentul proiectării sau chiar al cercetării și pînă în momentul expirării perioadei de garanție.

Ca atare, răspunderea producătorului are un caracter obiectiv, deci în totală contradicție cu răspunderea subiectivă ce rezultă dintr-o faptă păgubitoare comisă din culpă — întotdeauna prezumată, așa cum se prevede în art. 21 din Legea nr. 71/1969 privind contractele economice.

Nu putem îmbrățișa acest punct de vedere deoarece considerăm că obligația de a livra echipamentele în calitatea convenită prin contractul economic de furnitură încheiat cu beneficiarul nu poate urma decît regimul prevăzut de art. 21 din Legea nr. 71/1969 (actualmente art. 44), singura ce guvernează răspunderea părților la acest tip de contract.

Considerăm însă că elementul de dublă noutate, creat de legiuitor prin acest articol, constă în atragerea răspunderii producătorului și pentru eventualele vicii ascunse rezultate din fabricație, apărute în perioada de utilizare normată, în care echipamentele trebuie să-și mențină nemodificate caracteristicile funcționale.

Deci răspunderea producătorului se întinde pe o perioadă specifică fiecărui echipament, prevăzută în mod expres în Legea nr. 62/1968, privind amortizarea fondurilor fixe, spre deosebire de regimul anterior, reglementat prin art. 11 din Decretul 167/1958, referitor la prescripția extinctivă.

Această perioadă îndelungată asupra căreia se întinde răspunderea pentru vicii ascunse a determinat însă pe legiuitor să precizeze limitativ că se referă numai la acelea rezultate din fabricație, înțelegîndu-se prin aceasta, în mod derogator față de dreptul comun, neimputabilitatea viciilor ascunse proprii materialelor aprovizionate de la terți sau subansamblelor realizate prin cooperare cu alte unități.

Această limitare pune însă pe beneficiar într-o situație mai dificilă decît sub regimul legii anterioare, cînd producătorul răspundea pentru orice viciu ascuns, independent de proveniența acestuia.

O a doua limitare pe care o considerăm normală constă în atragerea răspunderii producătorului numai pentru acele vicii ascunse ce ar influența negativ caracteristicile funcționale ale echipamentului, și nu deprecierea altor caracteristici, nefuncționale, care rămîn în sarcina beneficiarului.

Deși, prin cele expuse mai sus, aparent ne-am abătut de la subiect, considerăm că sînt utile temei, în sensul că accentuează demonstrarea intenției legiuitorului de a antrena în mai mare măsură răspunderea furnizorului-producător pentru probleme de calitate, ca urmare a obligației sale principale de a executa produse în calitatea convenită.

Pentru ambele perioade menționate mai sus, se creează în sarcina producătorului obligația de remediere sau înlocuire a echipamentelor necorespunzătoare calitativ, în caz contrar

beneficiarul avînd dreptul să le restituie, solicitînd despăgubirile corespunzătoare.

Legiuitorul, însă, a reținut prin art. 30, în sarcina beneficiarului obligația de a efectua recepția, potrivit prevederilor contractuale, cît și pe aceea de a prelua produsele corespunzătoare calitativ, încălcarea acestor prevederi antrenînd și răspunderea sa pentru paguba adusă avutului obștesc.

Ținem să reliefăm că obligația de principiu, cu caracter imperativ, stabilită prin al. 1 al art. 30, de efectuare a recepției produselor de către beneficiar exclude, din momentul intrării în vigoare a legii, posibilitatea practicării autorecepției. Mai mult chiar, prin al. 1 al art. 48, această obligație se extinde pentru o anumită categorie de bunuri, și anume : utilaj tehnologic, instalații și alte produse de complexitate tehnică ridicată, și la verificarea calității execuției pe faze de execuție și în final, cu obligativitatea semnalării eventualelor deficiențe de calitate și participării la stabilirea măsurilor de remediere, aceasta dat fiind valoarea lor ridicată și rolul însemnat în procesele de producție interesînd ramurile principale ale economiei naționale.

Pentru bunurile ce fac obiectul acestui articol, prin al. 2 și 3 se creează, în scopul asigurării unei cît mai competente și riguroase verificări, impusă de complexitatea acestora, regimuri de control diferențiate :

— pentru instalațiile complexe, beneficiarii pot apela la unități de cercetare științifică și inginerie tehnologică, pe bază de contracte încheiate cu acestea ;

— pentru alte anumite produse, în special mașini și utilaje cu un grad ridicat de complexitate, beneficiarii au obligația să apeleze la unități specializate, prin profilul lor de activitate, în exploatarea unor asemenea produse, tot pe bază de contracte.

În cadrul posibilității, în primul caz, sau al obligației, în cel de-al doilea, comună ambelor situații este obligativitatea încheierii de contracte cu unitățile respective,.

Prin aceste prevederi a fost legiferată, extinsă și precizată situația preexistentă, creată prin ordine ale celor două ministere interesate, pe care am expus-o anterior.

Am considerat necesar ca, în această a doua parte a studiului, să prezentăm cronologic și rezumativ reglementările ce au dat naștere contractului de recepție, pentru a putea trata în cele ce urmează tema pe care ne-am propus-o, în lumina elementelor existente.

*

După expunerea cadrului legal în care se desfășoară relația furnizor-beneficiar și, atunci cînd intervine, și recepționer, vom prezenta pe scurt unele situații speciale, întîlnite în practică.

Cele două centrale industriale ale M.E.E. — CIPEET și CIRE — , ale căror unități subordonate sînt principalele beneficiare efective ale echipamentelor, în virtutea dreptului ce le-a fost conferit inițial prin art. 34, cap. A, lit. b din Legea nr. 11/1971 și, în prezent, prin art. 28, cap. A, lit. c din Legea nr. 5/1978 — cu privire la organizarea și conducerea unităților socialiste de stat —, încheie cu unitățile recepționere contracte de recepție pentru echipamentele de serie cu complexitate tehnică ridicată, în baza contractelor de furnitură încheiate cu uzinele constructoare prin intermediul unității de aprovizionare a ministerului — BACME.

Este evident că, în ccest caz, contractul de recepție se grefează pe contractul de furnitură, încheiat în sistemul tranzitului.

De la procedura de mai sus fac excepție echipamentele cu caracteristici speciale, unicate, pentru care beneficiarul efectiv încheie contract de furnitură direct cu uzina constructoare și contract de recepție direct cu unitatea imputernicită.

Considerăm că în această situație centralele industriale acționează în virtutea unui mandat legal, derivînd din atribuțiile lor stabilite prin lege.

În ceea ce privește răspunderea centralelor industriale față de beneficiarii efectivi, opinăm că aceasta are un caracter special, derivînd din raportul administrativ, și nu din raportul contractual existent între mandante și mandatar.

Multitudinea de echipamente puse în fabricație concomitent, precum și numărul mare de bucăți făcînd parte din același lot (cu beneficiari aparținînd nu numai M.E.E.) impun recepționerului efectuarea, de regulă prin sondaj, a controlului atît pe faze de fabricație cît și în final, pentru unele echipamente.

Datorită acestei situații a apărut ca necesară urmărirea în exploatare, efectuată de organele proprii ale ministerului, de beneficiarii efectivi, cît și de unități specializate, urmărire ce a condus la localizarea și stabilirea frecvenței, pe baze statistice, a unor deficiențe calitative de serie, care au reținut atenția.

S-au putut astfel stabili cauzele ce le-au determinat, motiv pentru care au fost identificate puncte-cheie în procesele de fabricație, unde s-a impus controlul fiecărui subansamblu, pentru unele tipuri de echipamente.

Fără îndoială că și în cazurile în care controlul se face prin sondaj, unele defecțiuni pot fi identificate la recepția finală, iar altele, printre care și viciile ascunse, apar de regulă în timpul exploatării.

Funcție de frecvența acestora se stabilesc noi puncte-cheie, unde controlul devine necesar și obligatoriu pe faze de fabricație. Din aceste

situații de fapt decurg următoarele două consecințe :

— în cazul în care se prevede, atît prin contractul de furnitură cît și prin cel de recepție, numai controlul prin sondaj pe faze de fabricație și în final, considerăm că obligațiile recepționerului sînt integral îndeplinite prin efectuarea sondajului ;

— în ipoteza în care contractele prevăd controlul obligatoriu în anumite puncte-cheie și pentru anumite subansamble expres nominalizate, bucată cu bucată, considerăm că recepționerul are a răspunde față de beneficiar doar pentru neîndeplinirea sau îndeplinirea necorespunzătoare a acestei obligații și numai cu sumele încasate necuvenit și eventualele penalități calculate la acestea.

✶

În cele ce urmează se va căuta să se identifice natura contractului de recepție, în sensul de a preciza dacă ne aflăm în fața unui contract civil de mandat sau a unui contract economic de prestări de servicii și, în prima ipoteză, dacă acest mandat poate avea caracter de contract economic, în scopul stabilirii normelor legale aplicabile — Legea nr. 71/1969 sau prevederile art. 1532 și urm. din Codul civil.

Diferențierea este esențială deoarece răspunderea în cazul contractelor economice antrenează plata de penalități, respectiv pentru nerespectarea clauzelor cu privire la modalitatea efectuării recepției — art. 1, lit. d din HCM 306/1970 —, iar singur cazul de forță majoră exonerează părțile de răspundere, în timp ce în ipoteza contractului civil de mandat răspunderea conduce numai la acoperirea daunelor suferite, conf. art. 1539 și 1540 C. civ., iar exonerarea de răspundere operează și la cazul fortuit.

Referirea la prima prevedere legală, menționată în alineatul precedent, impune o digresiune pentru a evita confuzia posibilă în ceeea ce privește răspunderea părților în materie de recepție.

Într-adevăr, citirea superficială a acestui text ar putea conduce la concluzia eronată că recepționerul, beneficiar sau terț împuternicit, ar avea a răspunde cu penalități pentru orice încălcare a prevederilor contractuale privind recepția, dacă aceasta ar conduce la deficiențe calitative.

În realitate, însă, credem că textul se referă numai la aspectele procedurale convenite privind modalitatea efectuării recepției, privită ca obligație contractuală, independent de consecințele ce le-ar putea avea asupra calității.

În ipoteza în care legiuitorul ar fi intenționat să sancționeze și cu penalități însăși încălcarea normelor de calitate, ar fi prevăzut aceasta în mod expres.

Din art. 30 și 31 din lege rezultă însă limitarea răspunderii producătorului-furnizor la obligația de remediere sau înlocuire și, numai în caz de refuz, la sancțiunea plății despăgubirilor legale, iar pentru beneficiar la sancțiunea acoperirii pagubelor aduse avutului obștesc, așa cum am arătat anterior.

Se pune însă problema condițiilor în care producătorul-furnizor sau recepționerul, beneficiar sau terț împuternicit, s-ar putea prevala de prevederile art. 1, lit. d din HCM nr. 306/1970 (actualmente art. 42 pct. 2 din Legea nr. 71/1969). Credem că, fiind vorba de modalitatea de efectuare a recepției — deci de procedura acesteia — , beneficiarul ar putea solicita numai penalități atunci cînd, prezentîndu-se la recepție, ar constata că probele convenite nu au fost efectuate, parțial sau integral, sau că nu a fost invitat să participe la acestea, contrar prevederilor contractuale.

Furnizorul, de asemenea, s-ar putea prevala de acest text în ipoteza în care, deși a invitat recepționerul — beneficiar sau terț împuternicit — să participe la recepție, obligație atît legală, cît și contractuală, acesta nu ar fi dat curs invitației, provocîndu-i dificultăți în execuție sau livrare și eventuale pagube, urmare a acestor situații de fapt.

Precizăm că, în ambele situații, exemplele nu sînt limitative.

Aportul recepției, avînd influențe atît de pozitive asupra calității, încălcarea modalităților convenite de a o efectua impunea o sancțiune mobilizatoare specială, concretizată în penalități.

Revenind la cele ce ne-am propus a trata în această parte a articolului, trebuie să arătăm că, potrivit unor opinii, printre care și aceea a autorului citat mai sus, contractul de recepție reprezintă o nouă specie de contract economic, al cărui obiect îl formează o prestație de servicii specializate, efectuată de una din unitățile arătate la art. 48, al. 2 și 3, în baza mandatului de reprezentare primit.

Prin aceasta, contractul de recepție, încadrîndu-se în prevederile art. 27 din Legea 71/1969 (actualmente art. 2), este un contract economic.

Nedefinirea, în legislația economică, a contractului de prestare de servicii, cu toată amploarea și ponderea pe care această activitate o ocupă în economie, precum și insuficiența prevederilor Codului civil în această materie, ne permit însă analizarea aprofundată, în continuare, a acestei probleme, pornind de la obiectul atît al contractului de mandat, cît și al contractului de prestare de servicii. A fost necesar, în fundamentarea punctului nostru de vedere, să utilizăm definirile pe care le formulează Codul civil, prin art. 1470 *) și 1532**).

În acest sens, considerăm că pct. 1 al art. 1470, deși definește, în principiu, contractul civil de muncă, acoperă și sfera contractului civil de

*) „Există trei feluri de locațiuni a lucrărilor : 1) aceea prin care persoanele se obligă a pune lucrările lor în serviciul altora".

**) „Mandatul este un contract în puterea căruia o persoană se obligă, fără plată, de a face ceva pe seama unei persoane de la care a primit împuternicirea".

prestare de servicii, motiv pentru care urmează a fi analizat comparativ cu art. 1532 din același cod, în principal sub raportul obiectului, în scopul identificării obligațiilor la care aceste două contracte dau naștere și a naturii prestațiilor ce fac obiectul acestora.

Comparația ne duce la concluzia că ambelor tipuri de contracte le este comun obiectul, constînd, în primul caz, în obligația unei persoane de a-și pune lucrările — fizice sau intelectuale — în serviciul altuia, iar în cel de-al doilea caz în obligația de a face ceva pe seama și pentru o altă persoană, deci, în esență, tot de a-și pune lucrările în serviciul acesteia.

Putem considera deci că obiectul acestei obligații, comun ambelor tipuri de contracte, îl constituie o prestare de servicii, de regulă specializată.

Ceea ce diferă însă, și este de esența exclusivă a mandatului, este obligația de reprezentare — consecință a împuternicirii primite — care, de asemenea, are caracterul unei prestări de servicii.

Ajungem astfel la o primă concluzie, și anume aceea că, în cazul mandatului, obiectul celor două prestații îl constituie două fapte distincte, care ambele constituie obiectul obligațiilor asumate de mandatar prin contract, amîndouă fiind prestări de servicii.

Între aceste obligații, fiecare avînd propria sa individualitate, dar avînd aceeași natură comună de prestare de servicii, există o legătură atît de intimă, o interdependență atît de totală, încît neîndeplinirea oricăreia dintre ele atrage în mod automat imposibilitatea îndeplinirii celeilalte, situație din care derivă răspunderea mandatarului, așa cum rezultă din art. 1539 C. civ., cap. II — despre îndatoririle mandatarului.

Trecînd în planul raporturilor contractuale dintre unitățile economice, reglementate de Legea 71/1969, constatăm că și mandatul legal prevăzut de art. 48, al. 2 și 3 din Legea 7/1977, avînd ca obiect o dublă obligație de prestare de servicii, și anume recepția și reprezentarea, are caracter de contract economic, urmînd a fi guvernat de prevederile acelei legi, conform art. 27 (actualmente art. 2).

Rămîne numai să adăugăm că acest contract economic de mandat, contrar aparențelor, este gratuit, deoarece tarifele practicate de unitățile recepționere mandatare și plătite de beneficiarii mandanți așa cum rezultă din analiza structurii acestora, cuprind numai valoarea cheltuielilor efectuate pentru activitatea de recepție — respectiv spezele făcute de mandatar pentru îndeplinirea contractului, care se suportă de mandante, așa cum prevede art. 1547 C. civ., și nu onorariul de reprezentare, prevăzut de același articol, care în cazul nostru nu a fost cuprins în tarif.

Dacă acest punct de vedere a putut fi elaborat numai datorită inexistenței, așa cum am arătat, unei definiri clare a contractului de prestare de servicii, el prezintă dezavantajul vulnerabilității. Opiniile contrare ar putea numai parțial clarifica problema, motiv ce impune ca necesară apariția unui text legal care urmează să tranșeze definitiv disputa.

După ce am expus cronologic, în cap. II, actele normative care reglementează efectuarea recepției prin unități specializate împuternicite, schițînd și modul în care este atrasă răspunderea producătorului-furnizor, a beneficiarului și a recepționerului, considerăm necesar să completăm și să precizăm, în cele ce urmează, pentru încălcarea căror obligații răspunde fiecare din cele trei părți și din ce moment operează răspunderea acestora.

Prezentarea va avea un caracter teoretic, deoarece pînă în prezent nu cunoaștem spețe dezbătute în fața instanțelor arbitrale, pentru a putea, cît de cît, identifica practica în materie.

De asemenea, în literatura de specialitate nu ne este cunoscut decît comentariul autorului citat anterior. Punctul de vedere exprimat de acesta, pornind de la accentul pus de lege pe răspunderea producătorului-furnizor, îl conduce la concluzia că beneficiarul în culpa de a fi admis la recepție sau preluat produse cu deficiențe calitative, nu poate înlătura răspunderea producătorului-furnizor, deoarece „în principiu pentru un asemenea fapt nu se pot produce defecte de calitate".

În aceeași ordine de idei, autorul consideră că prevederile al. 2 al art. 30, prin care se stabilește că și beneficiarul răspunde pentru paguba adusă avutului obștesc, prin încălcarea obligațiilor prevăzute la al. 1, se referă la faptul că, după împlinirea termenului de garanție, cu excepția viciilor ascunse provenite din fabricație, care rămîn în continuare în răspunderea producătorului-furnizor, orice alt defect de calitate produs este în sarcina beneficiarului.

Ca atare, considerăm că și răspunderea recepționerului ce îl reprezintă nu poate urma alt regim.

Potrivit acestui punct de vedere, credem că unitatea beneficiară poate ridica pretenții, în asemenea situații, împotriva unității recepționere, însă numai în termen de 18 luni de la data efectuării recepției, sub condiția ca termenul de garanție să fi fost expirat înăuntrul acestui termen.

Această susținere se fundamentează pe formularea textului art. 4, lit. a din Decretul 167/1958, privitor la prescripția extinctivă, din care rezultă că termenul scurt de prescripție, de șase luni, operează numai în relația beneficiar — furnizor, singurii între care are loc transmiterea de produse, condiție esențială impusă de lege, și nu în relația beneficiar — recepționer, între aceștia, potrivit atît situației de fapt, cît și contractului, neavînd loc niciodată transmitere de bunuri.

În această situaţie, operant este termenul de prescripţie de 18 luni, prevăzut de art. 3 din acelaşi decret. În completarea acestei opinii şi pentru a nu prejudicia pe beneficiar, arătăm că s-ar putea susţine, credem, cu succes că pe perioada de garanţie termenul de prescripţie nu curge.

În sprijinul acestui punct de vedere ne întemeiem pe prevederile ultimului alineat al art. 11 din Decretul 167/1958.

Faţă de această argumentare, sîntem obligaţi să ne însuşim punctul de vedere expus, deoarece, atît de drept cît şi de fapt, în cazul examinat, fără îndoială fapta păgubitoare comisă din culpă rămîne fabricaţia, care este în sarcina exclusivă a producătorului-furnizor, şi nu a recepţionerului — beneficiar sau terţ împuternicit — iar legătura cauzală directă între faptă şi efecte, singura care atrage răspunderea, nu se poate stabili direct decît între fabricaţia defectuoasă şi deficienţa calitativă, consecinţa nemijlocită a acesteia.

Totuşi, în ipoteza în care s-ar putea stabili în sarcina proprie a recepţionerului o faptă păgubitoare comisă din culpă, cum ar fi o dispoziţie sau o indicaţie eronată dată producătorului-furnizor pe parcursul controalelor sau probelor, care ar produce deficienţe calitative, acesta ar avea a răspunde în virtutea aceleiaşi legături cauzale dintre faptă şi efecte.

Pentru aceleaşi raţiuni, nu putem considera că recepţionerul, beneficiar sau terţ împuternicit, ar putea avea răspundere comună, alături de furnizor.

Un argument ajutător la această motivare îl constituie şi faptul că legiuitorul a înţeles să atragă răspunderea furnizorului-producător, în cazul viciilor ascunse, numai pentru acelea rezultate din fabricaţia proprie, deci limitativ, aşa cum arătat, făcînd aceeaşi legătură cauzală între fapta proprie şi efectele acesteia, şi nu şi pentru viciile ascunse ce nu îi sînt imputabile, cum ar fi acelea rezultate din materialul încorporat în operă, procurat de la terţi sau în cazul subansamblelor executate în cooperare cu alte unităţi.

*

Avînd convingerea că materia tratată nu a fost epuizată şi că alte contribuţii, exprimînd puncte de vedere diferite, ar fi deosebit de utile, ţinem să precizăm că opiniile exprimate în această lucrare sînt strict personale şi nu angajează cu nimic ICEMENERG.

Intenţia noastră a fost ca, prin mijloace specifice de drept, să contribuim la clarificarea unor probleme în strînsă relaţie cu funcţionarea în condiţii de siguranţă a sistemului energetic naţional.

Recenzii

OVIDIU CRIŞAN. **Sisteme electroenergetice.** Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1978, 398 p.

În seria apariţiilor recente de lucrări cu profil electroenergetic din ţara noastră, cartea prof. dr. ing. O. Crişan „Sisteme electroenergetice" ocupă un loc deosebit atît prin conţinutul său cît şi prin modul de organizare şi prezentare a materialului. Lucrarea prezintă principalele probleme funcţionale şi de exploatare, specifice sistemelor electroenergetice, conţinînd 13 capitole, la care sînt ataşate aplicaţii rezolvate pe un acelaşi sistem, pe tot parcursul lucrării, numit sistem de bază.

Dezvoltînd doar problemele teoretice esenţiale, care să permită însuşirea cunoştinţelor de bază referitoare la tematica sistemelor electroenergetice, cartea evită, pe cît posibil, dezvoltările teoretice prea extinse, acestea fiind reduse la minimum.

Bibliografia de bază (19 referinţe bibliografice) este selectată dintre manualele de largă circulaţie, uşor accesibile cititorului, iar în plus fiecare capitol conţine şi o bibliografie suplimentară specifică.

Problemele rezolvate, introduse în fiecare capitol al cărţii, reuşesc să uşureze înţelegerea metodologiilor şi metodelor de rezolvare. În acest sens autorul prezintă tipuri de probleme de complexitate relativ mică, dar care permit cititorului să se familiarizeze cu posibilităţile oferite şi metodele abordate şi să-i furnizeze astfel instrumentul şi cunoştinţele esenţiale pentru abordarea unor probleme mai complicate.

Succesiunea celor 13 capitole ale cărţii este cea obişnuită, ea avînd la bază atît criteriul didactic, cît şi cel ce derivă din necesităţile de utilizare practică a manualului de către specialiştii ce activează în domeniul electroenergeticii.

Capitolul 1 al cărţii prezintă caracteristicile generale ale sistemelor electroenergetice. Acest capitol are caracter introductiv şi se referă la problemele de bază ale sistemelor electroenergetice: formarea sistemelor electroenergetice (SEE), avantajele şi dezavantajele formării SEE, particularităţile tehnico-economice ale SEE, cerinţele impuse acestor sisteme (siguranţă, calitate a energiei electrice, economicitate, cerinţe suplimentare impuse de mediul şi condiţiile exterioare sistemelor), arhitectura SEE, regimurile SEE, normalizarea tensiunilor utilizate în SEE. Capitolul se încheie cu un scurt istoric al dezvoltării electroenergetice în România, precum şi cu o aplicaţie.

Capitolul 2 al cărţii se referă la caracteristicile electrice ale componentelor SEE. În cadrul capitolului sînt prezentate caracteristicile generale ale elementelor de sistem, transformări de componente (relaţii de transformare, condiţia de invarianţă a puterilor, transformarea matricelor de impedanţă şi admitanţă, transformarea de la mărimi de fază la componente simetrice 1, 2, 0), caracteristicile statice de putere ale consumatorilor (caracteristicile statice de tensiune, caracteristicile statice în funcţie de frecvenţă, dependenţa tensiune — frecvenţă), caracteristicile statice de putere ale generatoarelor (caracteristica putere-turaţie a grupului generator, caracteristicile puterilor debitate, caracteristicile de încărcare limită ale generatoarelor). Capi-

tolul se încheie cu o aplicație privind determinarea analitică a caracteristicilor statice de tensiune și frecvență pentru consumatorul complex, precum și încărcarea generatorului cu putere activă și reactivă.

Capitolul 3 este destinat studiului topologiei SEE. După prezentarea problemelor generale (forma generală de obținere a matricelor de sistem) se trece la studiul matricelor topologice (de incidență) și al matricelor de material (matrice primitive de rețea).

În continuare sînt abordate metodele de calcul ale circulației de curenți în SEE (metoda nodală, metoda curenților de circuit), forme de exprimare a relațiilor nodale (reprezentarea sistemului față de noduri, relații între mărimile nodale, matrice nodale de sistem, caracteristicile matricelor nodale de sistem, obținerea acestora și relațiile dintre ele), expresii ale puterilor active și reactive la bornele sistemelor complexe (utilizarea elementelor matricei de admitanță și, respectiv, de impedanță nodală în scurtcircuit, relații între parametrii utilizați în expresiile puterilor active și reactive la bornele sistemelor complexe). Capitolul se finalizează printr-o aplicație referitoare la topologia unui SEE.

Capitolul 4 abordează calculul regimului normal de funcționare a SEE (regimul staționar simetric) ca regim de bază pentru faza de proiectare și exploatare a SEE, precum și determinarea circulației de putere. Astfel, după o scurtă introducere (probleme generale), în care se prezintă problematica capitolului și se fac referiri la ecuațiile de funcționare ale SEE și, respectiv, la metodele de determinare a circulației de putere, se trece la descrierea nodurilor caracteristice în sistem, precum și la metodele de calcul al regimurilor SEE. Sînt prezentate metodele directe și metodele iterative, cu avantajele și dezavantajele lor. În cadrul metodelor iterative sînt prezentate : metoda Gauss, varianta Gauss — Seidel, metoda Newton, alte metode (metode directe ce utilizează matricea de impedanță nodală, metode iterative ce utilizează matricea de admitanță nodală, metode hibride ce utilizează alternativ ambele procedee, metode de gradient și alte metode). Capitolul se încheie cu prezentarea comparației între diversele metode de determinare a circulației de putere, precum și printr-o aplicație referitoare la problema calculului regimului normal de funcționare a unui sistem electroenergetic.

Capitolul 5 se ocupă de problema reglării tensiunii și a circulației puterilor reactive în SEE. După prezentarea problemelor generale ale nivelului de tensiune (cauzele modificării tensiunii în sistem, natura variațiilor în timp ale tensiunii, efectele variațiilor de tensiune, limite admise pentru abaterile de tensiune), se trece la aprecierea cantitativă a nivelului de tensiune, mijloacele de reglare a tensiunii și la metodele de reglare a tensiunii.

În cadrul aprecierii cantitative a nivelului de tensiune sînt abordate următoarele probleme : nivelul optim de tensiune pentru consumatori, indici calitativi statistici ai variațiilor de tensiune și aprecierea economică a efectului variațiilor de tensiune.

Subcapitolul privitor la mijloacele de reglare a tensiunii tratează atît căile de influențare a valorii tensiunii în nodurile SEE, cît și instalațiile utilizate pentru reglarea tensiunii (generatoare sincrone, transformatoare cu prize, baterii de condensatoare statice, linii electrice, bobine de reactanță). Problematica reglării tensiunii în cadrul SEE este prezentată atît din punct de vedere al locului de reglaj (reglarea centralizată, reglarea în puncte intermediare, reglajul local), cît și din punctul de vedere al mijloacelor adecvate de reglare.

Ultimul subcapitol al capitolului 5 se ocupă de politica generală de utilizare a puterii reactive și a mijloacelor de reglare a tensiunii în sistem. În cadrul problematicii acestui subcapitol sînt analizate și prezentate următoarele teme : alegerea gamei optime la diverse niveluri de tensiune, componentele surselor și ale consumului de putere reactivă, utilizarea rațională a surselor de putere reactivă.

Capitolul 5 se încheie cu o aplicație privitoare la modul de reglare a tensiunii într-un nod al unui SEE.

În cadrul *capitolului 6* este prezentată și analizată problema reglării frecvenței în sistem, precum și bilanțul puterilor active. Abordîndu-se la început problemele generale ale nivelului de frecvență și ale reglajului acesteia (caracteristici generale, cauzele și urmările variațiilor de frecvență, trepte de reglaj frecvență-putere), se trece apoi la analiza celor două tipuri de reglaj al frecvenței : reglajul primar (reglajul automat de viteză al grupului generator) și reglajul secundar (reglajul de frecvență sau de putere activă).

În cadrul subcapitolului privind reglajul primar sînt tratate următoarele probleme : prezentarea regulatorului automat de viteză, cerințele impuse reglajului primar, influența reglajului primar asupra variațiilor de frecvență (cazul unui singur generator și cazul mai multor generatoare).

Subcapitolul privitor la reglajul secundar cuprinde un vast domeniu al problemelor, printre care : caracteristicile și efectul reglajului secundar (al deplasării caracteristicilor de putere), modificarea încărcării active a grupurilor, modalități de realizare a reglajului secundar, reglarea în lipsa centralelor regulatoare de frecvență, reglarea în prezența uneia sau mai multor centrale regulatoare de frecvență, reglajul în prezența interconexiunilor între sisteme electroenergetice.

Capitolul se încheie printr-o aplicație referitoare la determinarea influenței reglajului vitezei asupra valorii frecvenței în sistemul de bază (tratat în toate aplicațiile din lucrare), precum și alegerea gamei de reglare prin reglajul secundar.

Capitolul 7 al cărții tratează funcționarea economică a sistemelor electroenergetice. Ca una din condițiile importante care se impune sistemului electroenergetic, funcționarea economică este tratată în cadrul următoarelor probleme: indici tehnico-economici ai centralelor electrice (costul specific al puterii instalate, consumul specific de combustibil, costul specific al energiei electrice), caracteristici de cheltuieli în centrale, dispeceratul economic (determinarea repartizării economice a sarcinii active pe grupurile în funcțiune în regim permanent, stabilirea programului de pornire și oprire a grupurilor, utilizarea diverselor tipuri de centrale pentru acoperirea graficului de sarcină, reducerea pierderilor de putere datorate circulației de putere reactivă), reducerea pierderilor de putere și energie în SEE.

Referindu-ne la tematica acestui capitol, considerăm că ar fi fost util ca autorul să abordeze și metoda cheltuielilor anuale actualizate pentru stabilirea soluției optime de proiectare a unui SEE, această metodă avînd o largă utilizare în practica de studii și proiectare din țara noastră.

Aplicația aferentă acestui capitol constă în determinarea repartiției optime economice între grupurile sistemului de bază, în cazul neglijării pierderilor de putere în rețea.

Capitolul 8 este destinat studiului stabilității statice a sistemelor electroenergetice. În cadrul acestui capitol sînt prezentate și analizate următoarele probleme referitoare la funcționarea sincronă a generatoarelor din SEE : noțiuni generale (ecuația de mișcare a rotorului generatorului sincron, determinarea limitei de stabilitate statică, cazuri de interes în problemele de stabilitate, tensiuni și reactanțe utilizate în problemele de stabilitate statică pentru generatorul sincron), influența caracteristicilor elementelor de rețea asupra stabilității statice, influența reglajului de tensiune la generatoare asupra stabilității statice (tensiuni constante în sistem, caracteristicile interioare de putere în prezența reglajului, caracteristica exterioară), funcționarea generatorului sincron în regim capacitiv (influența factorului de putere al sarcinii asupra limitelor de stabilitate statică, aspecte funcționale, limita de putere în domeniul capacitiv), măsuri pentru creșterea limitelor de stabilitate statică și rezervei de stabilitate.

Capitolul se încheie printr-o aplicație referitoare la determinarea caracteristicilor interioare și exterioare pentru sistemul de bază.

Capitolul 9 se ocupă de regimul neutrului în rețelele SEE, incluzînd următoarele probleme : legături la pămînt în sistemele electroenergetice (situații relative ale neutrului față de pămînt : rețea cu neutrul izolat, rețea cu neutrul legat la pămînt; efectele curentului de punere la pămînt), compensarea curenților capacitivi de punere la pămînt (bobina de stingere: avantajele, alegerea, construcția și conectarea acesteia cînd neutrul este inaccesibil), politica în sistemul electroenergetic al R.S. România privind modul de tratare a neutrului. Capitolul se încheie cu un exemplu de calcul privind compensarea curenților capacitivi într-o rețea electrică de medie tensiune.

Referindu-ne la problematica acestui capitol, considerăm ca aceasta este deficitară în legătură cu tratarea neutrului prin intermediul rezistoarelor de legare

la pămînt, metodă care se promovează tot mai mult în țara noastră.

Capitolul 10 al cărții este destinat studiului întreruperilor neismetrice ce pot să apară în sistemele electroenergetice ca urmare a avariilor sau în urma unor acțiuni voite.

Pornind de la analiza nesimetriilor longitudinale și transversale, se analizează întreruperile nesimetrice (trifazate, bifazate și monofazate), consecințele întreruperilor nesimetrice și modelarea acestora, dîndu-se în final o aplicație privind calculul întreruperilor nesimetrice într-o linie electrică a sistemului de bază.

În *capitolul 11* se tratează curenții de scurtcircuit în sistemele electroenergetice. După prezentarea noțiunilor introductive (definiția, cauzele, felurile și consecințele scurtcircuitelor, ipotezele de calcul al curenților de scurtcircuit, limitarea curenților de scurtcircuit), se trece la studiul scurtcircuitelor monofazate (F.N) cu impedanță de avarie, scurtcircuitelor metalice (monofazate, bifazate cu pămînt, bifazate, trifazate cu pămînt, trifazate, exprimarea generală a curenților de scurtcircuit, rapoarte între curenți la diferite feluri de scurtcircuit, raportul curenților prin pămînt la scurtcircuite).

Aplicația din cadrul capitolului 11 se referă la analiza unui scurtcircuit staționar monofazat metalic, care are loc pe o linie electrică, situat în imediata apropiere a barelor dintr-un nod al sistemului de bază.

Tematica *capitolului 12* al cărții se referă la stabilitatea tranzitorie a sistemelor electroenergetice. Pornind de la problemele generale ale stabilității tranzitorii a SEE (limita stabilității tranzitorii, perturbații finite, factorii ce se precizează la definirea limitei de stabilitate tranzitorie, tensiuni și reactanțe folosite în problemele de stabilitate tranzitorie, urmările pierderii stabilității), se trece de la problematica de bază : calculul oscilațiilor rotorului mașinii sincrone (forme de exprimare a ecuației de mișcare pentru problemele de stabilitate tranzitorie, rezolvarea acestei ecuații prin integrare numerică, criteriul suprafețelor egale), calculul stabilității la sistemele complexe (curbe de oscilație la un sistem complex, repartizarea tranzitorie a șocului de putere pe centrale, etapele calculului de stabilitate), metode de îmbunătățire a stabilității tranzitorii (micșorarea duratei scurtcircuitului, utilizarea dispozitivelor de RAR, micșorarea reactanței, utilizarea sistemelor de excitație rapidă, forțarea excitației, creșterea momentului de inerție, folosirea rezistenței de sarcină, modificarea puterii mecanice, alte metode).

Aplicația acestui capitol se referă la analiza regimului tranzitoriu electrodinamic la sistemul de bază pentru un scurtcircuit monofazat pe o linie electrică, în imediata apropiere a unui nod de sistem.

Ultimul capitol, 13, al cărții este rezervat problemei siguranței sistemelor electroenergetice. După trecerea în revistă a problemelor generale privind siguranța SEE (noțiuni și definiții, aspecte ale calculelor de siguranță, indici de siguranță), se expune calculul siguranței în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor (metode de apreciere a siguranței în alimentare, determinarea caracteristicilor de funcționare ale surselor, determinarea siguranței în alimentare prin calcularea probabilității pierderii de sarcină), determinarea rezervei de putere instalată în sursele de alimentare (probleme generale, structura stărilor posibile ale puterii instalate, clasificarea rezervei, rezervele de putere evaluate determinist, repartizarea rezervelor în timp, repartizarea rezervelor după starea de așteptare, rezerva statică de putere și de energie), calculul siguranței în transportul energiei electrice (siguranța ansamblului surse — rețea, măsuri pentru creșterea nivelului de siguranță a SEE).

Capitolul 13 se încheie printr-o amplă aplicație privind siguranța sistemului de bază considerat pe parcursul întregii lucrări.

Trecerea succintă în revistă a conținutului cărții prof. dr. ing. O. Crișan pune în evidență faptul că aceasta constituie un manual valoros, care îmbină fericit elemente de ordin clasic cu elemente moderne.

Prin conținutul și modul de prelucrare și organizare a materialului, cartea se adresează în egală măsură atît studenților și cadrelor didactice universitare de resort, cît și specialiștilor care-și desfășoară activitatea în sistemul electroenergetic.

Subliniem totuși că, după părerea noastră, o eventuală nouă ediție ar trebui să valorifice mai mult experiența practică de studii, proiectare și exploatare a sistemului electroenergetic românesc.

Avem în vedere în acest sens și faptul că lucrarea nu folosește rezultatele cercetărilor românești de avangardă în domeniul sistemelor electroenergetice. Este vorba, în primul rînd, de lucrările cu mare răsunet mondial ale cercetătorului român dr. doc. ing. Paul Dimo, care, prin analiza nodală, a făcut ca echivalenții R.E.I. de sistem să-și găsească aplicații pe scară largă în cele mai dezvoltate sisteme electroenergetice (S.U.A., R.F.G. etc.).

Cartea este deficitară și în sensul folosirii prescripțiilor, instrucțiunilor și normativelor Ministerului Energiei Electrice din țara noastră, atît în ceea ce privește partea teoretică cît și, mai ales, aplicațiile.

Un alt aspect care ar trebui să ocupe un loc deosebit în lucrare este, credem, cel legat de influența automaticii de sistem asupra siguranței în continuitatea alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

După opinia noastră, cu completările propuse, inclusiv promovarea în conținutul lucrării a tehnicii moderne de prelucrare automată a datelor (în aplicații mai ales) și a calculatoarelor de proces, manualul, foarte valoros, al prof. dr. ing. O. Crișan ar răspunde și mai eficient cerinței de mare actualitate privind aprofundarea procesului de integrare a învățămîntului cu cercetarea și producția.

Ing. **Romulus Sfichi**

Academicianul Remus Răduleț la a 75-a aniversare

Acad. prof. Remus Răduleț s-a născut la Brădeni, în Transilvania, la 3 mai 1904, într-o familie de intelectuali legată de popor. După absolvirea școlii primare, la Berivoi, comună apropiată de comuna natală, și a liceului la Sighișoara și Făgăraș, este admis la Facultatea de electromecanică a Politehnicii din Timișoara, la absolvirea căreia, în 1927, obține diploma de inginer electromecanic. Reținut ca asistent la Catedra de electrotehnică, obține în anul 1928 o bursă de specializare la Școala politehnică federală din Zürich, în cadrul căreia își pregătește teza de doctorat cu un subiect din teoria cuptoarelor de inducție. În paralel, are fericitul prilej de a audia cursurile sau conferințele unora dintre cei mai mari savanți ai epocii, cum a fost Einstein, el însuși absolvent al Politehnicii din Zürich. Aceste cursuri, împreună cu atmosfera științifică a anilor 1927—1930, cînd se năștea mecanica cuantică modernă, și-au pus amprenta pe întreaga operă didactică și științifică a prof. Remus Răduleț.

Revenit în țară, în 1930, începe o activitate variată și fecundă, care nu încetează de aproape 50 de ani.

La început, își continuă activitatea didactică de conferențiar și apoi de profesor la Timișoara, predînd discipline cu conținut tehnic pronunțat, ca tehnica curenților slabi, producerea și transportul energiei electrice, teoria mașinilor electrice, dar și discipline generale, ca fizica. Acestea îi permit să surprindă baza lor științifică comună, pe care o va fundamenta în conceperea cursului ,,Bazele electrotehnicii".

În 1950 Universitatea din București îi încredințează cursurile de teoria cîmpului electromagnetic și introducere în teoria relativității, restrînse la Facultatea de fizică și matematică. În paralel predă cursurile de electrotehnică și fizică nucleară la Institutul de căi ferate din București. În 1951 i se atribuie o catedră la Facultatea de electrotehnică a Politehnicii din București, încredințîndu-i-se și predarea cursului de ,,Bazele electrotehnicii" pentru studenții profilului electric. Începe astfel perioada cea mai stabilă, cea mai fecundă și cea mai lungă a activității sale didactice, care va dura aproape un sfert de secol, pînă în 1974. În această perioadă a gîndit și regîndit modalitățile de predare a cursului de ,,Bazele electrotehnicii", ajungînd la structura sa actuală, generalizată nu numai în țară, dar și în multe universități de peste hotare.

În esență, această structură pune la temelia cursului de electrotehnică teoria cîmpului electromagnetic, structurată ea însăși în teoria mărimilor și teoria legilor electromagnetismului, într-o axiomatizare la realizarea căreia a contribuit substanțial. În acești ani formează în jurul său un colectiv entuziast și puternic pentru edificarea căruia organizează cursuri, seminarii, consultații și conduce teze de doctorat. O intensă și veritabilă viață universitară se polarizează în jurul său, avînd drept rezultat crearea școlii electrotehnice românești, al cărei făuritor de necontestat rămîne.

Spirit enciclopedic și înflăcărat patriot, urmaș spiritual al iluminiștilor transilvăneni, acad. Remus Răduleț își consacră unii dintre cei mai rodnici ani ai activității redactării și publicării celor două ediții ale ,,Lexiconului tehnic român", prima ediție în șapte volume, cu 50 000 de articole, publicată între 1949 și 1955 și distinsă cu Premiul de Stat, și a doua în 19 volume, cu aproape 80 000 de articole, și terminată în 1968, cu scopul de a încadra limbajul românesc în leagănul latinesc al limbii și de a da inginerului român o imagine a tehnicii contemporane.

Amprenta personalității prof. Remus Răduleț transpare atît în fiecare definiție, cît și în structura de ansamblu a lexiconului. Tehnica definiției imprimată de acad. Remus Răduleț, pe baza unor subtile studii de logică, poate servi drept model pentru elaborarea oricărei enciclopedii. Operă colectivă, care a concentrat entuziasmul, informarea și competența aproape a tuturor specialiștilor din țară, ,,Lexiconul tehnic român" a influențat profund gîndirea științifică a inginerilor noștri, a contribuit din plin la fundamentarea formării terminologiei tehnice moderne, rămînînd un monument de cultură românească și universală, prezent în multe dintre marile biblioteci ale lumii.

Opera științifică a acad. Remus Răduleț este vastă și diversă, cuprinzînd lucrări de teorie și filozofie a științelor, ca teoria mărimilor fizice și principiul cauzalității în fizică, și lucrări cu aplicativitate directă și imediată, ca determinarea forței și cuplului în frînele electromagnetice. Cele peste două sute de lucrări publicate se pot grupa în următoarele clase semnificative : teoria mărimilor fizice, cîmpuri electromagnetice, linii și rețele electrice, sudură și aplicații termice ale electricității, fenomene electromagnetice în conductoare masive, circuite electrice cu parametri tranzitorii, mașini și aparate electrice, enciclopedii, manuale didactice, lucrări de sinteză și generalizare.

În lucrările privind axiomatizarea electromagnetismului s-a preocupat de introducerea mărimilor electromagnetice și de formularea legilor, arătînd că teoria mărimilor poate fi tratată independent și anterior teoriei legilor. Bazele fizice ale electrotehnicii pot fi formulate utilizînd un număr minim de mărimi și legi inferate din experiență, al căror conținut fizic trebuie înțeles în profunzime, tot restul putîndu-se demonstra prin raționamente matematice riguroase. Raționalizarea mărimilor și calculul cu mărimi au constituit de asemenea preocupări importante ale prof. Remus Răduleț. În domeniul teoriei cîmpului electromagnetic s-a preocupat de problema controversată a schimbului de energie electromagnetică pe la borne, definind suprafața de separație, și de metodele de calcul al forțelor generalizate în sistemele electromagnetice.

Împreună cu colaboratorii de la catedră a inițiat și dezvoltat teoria circuitelor liniare nefiliforme cu parametri tranzitorii, extinzînd-o la liniile electrice lungi, la rețele termice și la sisteme liniare abstracte în general.

Un subiect preferat, mereu prezent în lucrările acad. Remus Răduleț, a fost fenomenele electromagnetice variabile în conductoare masive, începînd chiar cu teza sa de doctorat. Numeroase probleme concrete privind efectul pelicular în bare prismatice, cuptoarele de inducție, motoare asincrone cu rotorul în pahar, frînele electromagnetice cu disc, reactanțele și rezistențele barelor din crestăturile mașinilor electrice sînt rezolvate în lucrările sale și ale colaboratorilor săi.

Cele peste 30 de lucrări și manuale didactice ocupă un loc aparte, fiind probabil unice prin diversitatea lor. Dintre ele se remarcă în mod deosebit cursurile și culegerile de probleme de ,,Bazele electrotehnicii", în care sînt utilizate principalele sale idei asupra expunerii și înțelegerii acestei importante discipline.

Problemele de energetică și de electrificare a țării l-au preocupat permanent, mai ales în perioada cît a condus, în calitate de director, Institutul de energetică al Academiei R.S.R.

Încă din primii ani ai activității inginerești, acad. Remus Răduleț a acordat o atenție deosebită problemelor legate de energie sub forma ei intrinsecă. Preocuparea în domeniul energiei a cunoscut o dezvoltare ascendentă, ea atingînd înălțimi deosebite în perioada în care a condus activitatea Institutului de energetică al Academiei. Numeroase sînt problemele pe care acad. R. Răduleț le-a dirijat și la care a participat nemijlocit. Numai enumerarea acestora scoate net în evidență clarviziunea de perspectivă a cercetătorului de înaltă valoare acad. R. Răduleț. În rîndul acestora se numără preocupările pentru optimizarea balanțelor energetice, prognoza consumului de energie electrică și căldură ca lucrare de amploare deosebită vizînd întocmirea ,,Atlasului resurselor termo și hidroenergetice ale R.S.R.", care au stat la baza fundamentării planurilor de dezvoltare ulterioară. Dacă la acestea se adaugă preocupările pentru ,,utilizarea resurselor energetice secundare", putem avea o imagine clară a unor preocupări de actualitate în condițiile în care posibilitatea apariției unei crize energetice era de neconceput.

În acest sens apare mai evidentă capacitatea acad. Remus Răduleț de a gîndi în perspectivă, de a gîndi profund pe baza unei analize științifice.

În domeniul energetic, acad. Remus Răduleț a fost nu numai un participant activ la desfășurarea cercetărilor energetice, dar în același timp a creat o școală de energeticieni.

Preocupările pentru economisirea energiei au fost îndreptate și spre utilizarea acesteia în instalații cu randament ridicat. În această direcție a promovat cercetările legate de îmbunătățirea arderii în cazane, mărirea randamentului energetic la motoarele cu ardere internă, precum și îmbunătățirea instalațiilor tehnologice la consumatorii de energie.

Pentru meritele sale științifice, profesorul Remus Răduleț a fost ales membru corespondent al Academiei Române în 1955 și membru titular în 1963. A fost președintele secției de științe tehnice a Academiei și apoi vicepreședinte al Academiei. Este membru al Academiei saxone de științe din Leipzig și al Academiei lumii latine din Paris.

A fost vicepreședinte al Comisiei Electrotehnice Internaționale (CEI) (1961—1964) și apoi președintele acestei comisii (1964—1967). În prezent este președintele Comitetului de studii nr. 1 al acestei comisii.

O preocupare permanentă a acad. Remus Răduleț este răspîndirea cunoștințelor și culturii atît în rîndurile specialiștilor din țară și de peste hotare, cît și în rîndurile maselor largi. Pentru cei dintîi își oferă competența ca redactor responsabil al publicației ,,Revue Roumaine des sciences techniques — série electrotechnique et énergétique" și ca membru al comitetului de redacție al revistei internaționale ,,The problems of science of sciences", care apare la Varșovia. Pentru masele largi, conduce de mulți ani, în calitate de rector, Universitatea cultural-științifică din București, în cadrul căreia a orientat activitatea pentru educarea adulților, mai ales în domeniile științei și culturii.

Pentru meritele sale deosebite, acad. Remus Răduleț a fost distins cu numeroase distincții ale Republicii Socialiste România.

Cea de-a 75-a aniversare a zilei sale de naștere îl găsește plin de vigoare și entuziasm tineresc în mijlocul colectivelor de colaboratori, cu care continuă să-și desăvîrșească opera cultural-științifică căreia și-a dedicat întreaga sa viață.

Consiliul științific
al Institutului central de cercetări energetice

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 4. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 4. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10 264/1979

I. P. I. c. 1410

41 401

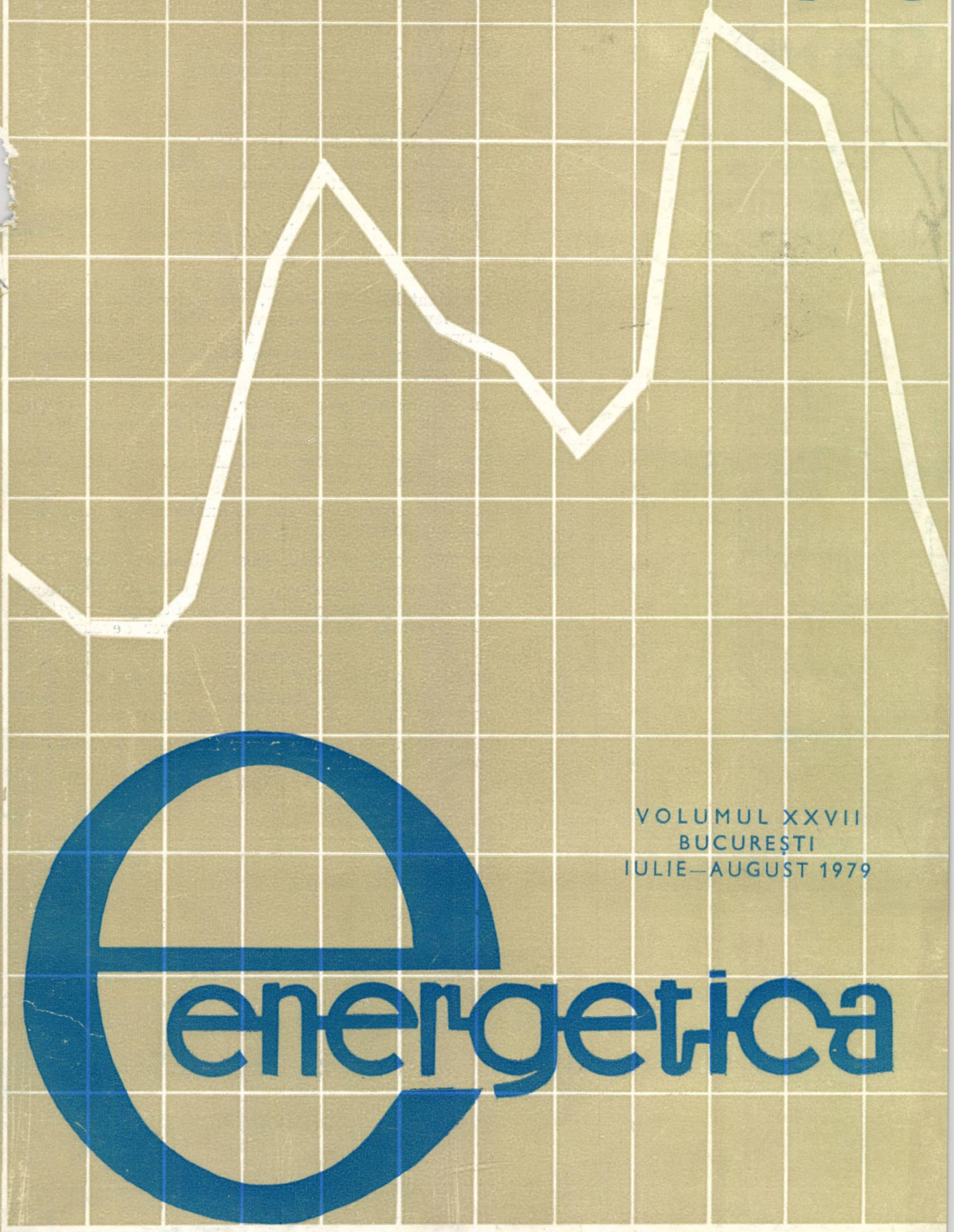
1979 DEC 3

L 2039

MW

REFERÁLVA

7-8



energetica

VOLUMUL XXVII
BUCUREȘTI
IULIE—AUGUST 1979

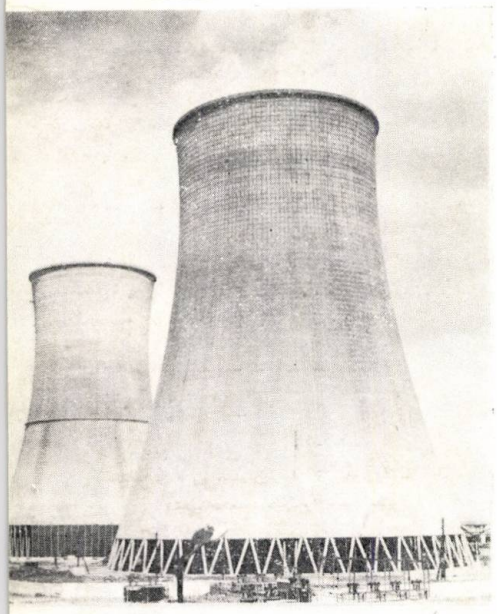
institute
of power study
and design

ispe

INSTITUTUL DE STUDII ȘI PROIECTĂRI ENERGETICE

BUCUREȘTI 30 • BD. LACUL TEI NR.1 • SECTOR 2
TELEGRAME I.S.P.E. – BUC. TELEX 10.978 – TELEFON 12.19.70

CARRIES-OUT AND OFFERS THE FOLLOWING CONSULTING AND ENGINEERING SERVICES:



Studies for the development of power as well as urban and industrial distance heating systems.

Technical and feasability studies on investments in thermal power plants, electrical high voltage lines and substations.

Studies concerning the supply of electric energy and heat of cities, industrial centres, agriculture.

Studies concerning the electrical grid operation (optimal power plant load repartition, power circulation and voltage level, static and dynamic stability of the system network, determination of the system protection and automation, studies for the reliability in operation of the power system).

Designs for thermal power plants, complete or by component parts: mechanical installations, electrical installations, civil works, cooling towers, water supply, concrete chimneys, water chemical treatment plant, fuel installations of the plant.

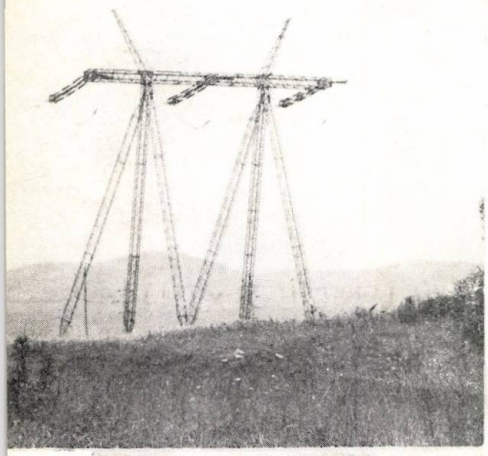
Designs for electrical overhead transmission lines, high and medium voltage.

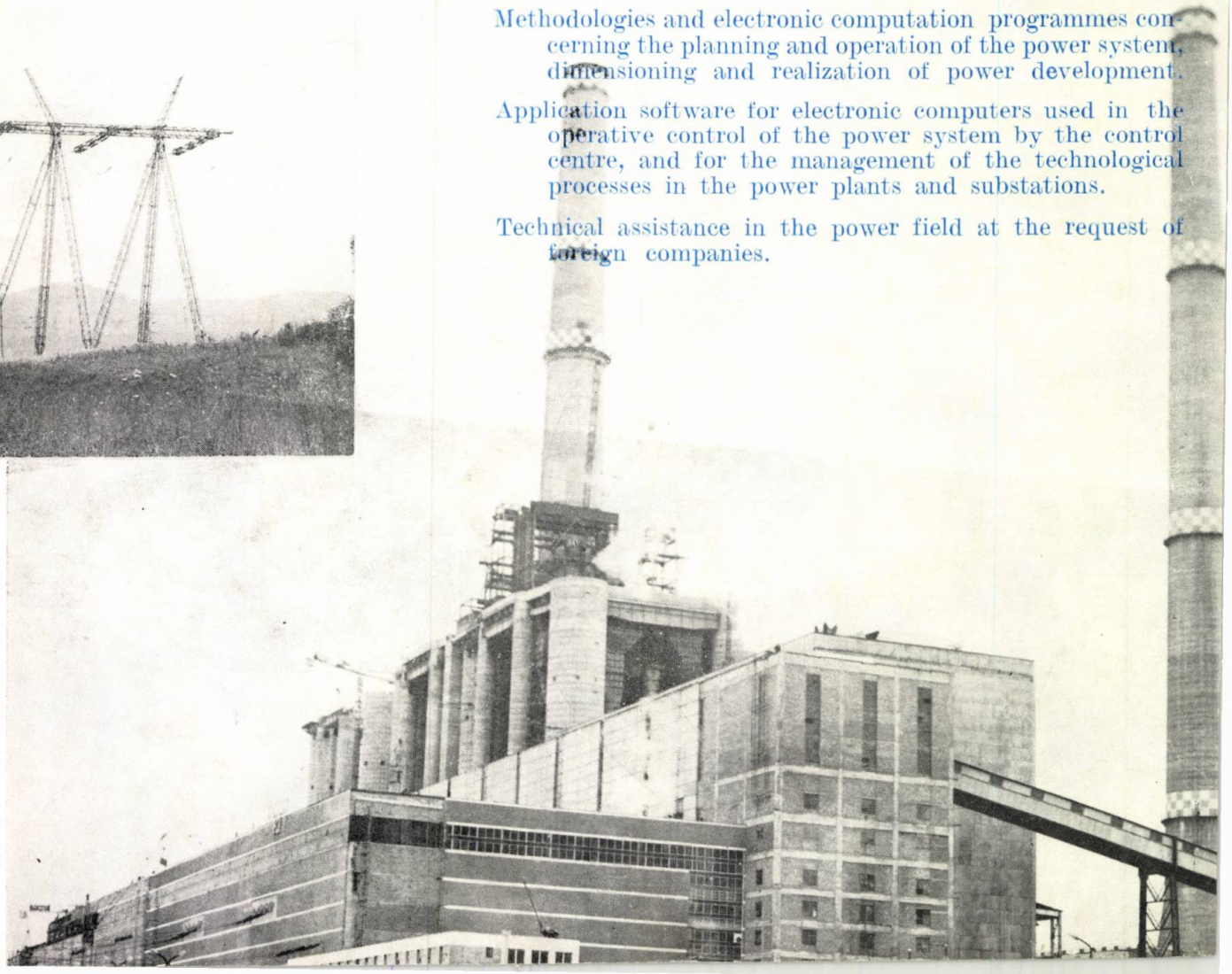
Designs for electrical transformer substations and posts.

Methodologies and electronic computation programmes concerning the planning and operation of the power system, dimensioning and realization of power development.

Application software for electronic computers used in the operative control of the power system by the control centre, and for the management of the technological processes in the power plants and substations.

Technical assistance in the power field at the request of foreign companies.





1979 DEC 17

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 7–8 iulie–august

Cuprinsul

		Pag.
	Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice „Contribuţii ISPE–ISPH la revoluţia tehnico-ştiinţifică în energetica R. S. România "	297–305
Gh. Cocoş	**Cuvîntare la şedinţa de deschidere**	306–307
Adriana Moraru	**Cuvîntare la şedinţa de deschidere**	308
N. Armencoiu	**30 de ani de existenţă a Institutului de Studii şi Proiectări Energetice**	309–314
Gh. Luca	**30 de ani de activitate în domeniul studiilor şi proiectărilor hidroenergetice**	315–319
C. Mihăileanu	**Conservarea energiei — cerinţă imperativă de mare actualitate**	320–324
Dorin Pavel	**Unele probleme energetice de perspectivă**	325–329
	Secţia I — **Energetică generală**	
N. Armencoiu, D. Renţea şi D. Cojocaru	**Forme noi de energie considerate ca utilizabile în R. S. România în etapa următoare**	330–334
S. Bogdan şi D. Spiridon	**Dezvoltarea hidroenergeticii româneşti în cadrul utilizării complexe a cursurilor de apă**	335–339
	Secţia II — **Centrale termoelectrice, nuclearoelectrice şi sisteme de termoficare**	
I. Borşa, Vl. Constantin ş.a.	**Evoluţia concepţiei, metodelor şi soluţiilor de proiectare a centralelor electrice de termoficare şi a reţelelor de termoficare**	339–343
E. Neniţă, M. Vintilescu ş.a.	**Evoluţia concepţiei, metodelor şi soluţiilor în proiectarea părţii electrice a CTE şi CET din R.S. România în intervalul 1949–1979 şi tendinţe de viitor**	343–347
N. Niculescu, M. Voinea ş.a.	**Contribuţii la economisirea combustibililor şi energiei electrice în sistemele de termoficare**	348–352
	Secţia III — **Amenajări hidroenergetice**	
Gh. Opriş, I. Morariu şi V. Diacon	**Alegerea numărului şi tipului de hidroagregate pentru echiparea centralelor hidroelectrice de medie şi mare cădere**	352–356
E. Parhoti, I. Bică ş.a.	**Concepţii noi în proiectarea centralelor hidroelectrice de joasă cădere**	356–360
Al. Wechsler	**Metode prospective în alegerea turbinelor hidraulice**	360–368
	Secţia IV — **Sisteme, reţele şi staţii electrice**	
P. Dimo	**Curentul de scurtcircuit — indicator de stare a marilor sisteme interconectate**	368–370
V. I. Nitu, H. Albert şi M. Stein	**Evoluţia concepţiei şi metodelor adoptate pentru siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice**	370–374
P. Militaru, Z. Neag şi G. Gheorghiţă	**Stadiul actual şi perspectiva utilizării calculatoarelor la proiectarea liniilor electrice aeriene**	374–377
B. Stoleru şi D. Voinea	**Evoluţia în ISPE a metodelor şi soluţiilor de proiectare pentru staţiile electrice**	377–383
H. Albert, M. Ciobanu şi I. Florea	**Alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali. Evoluţia conceptelor şi tendinţe de viitor**	383–387
	Secţia V — **Informatică în energetică**	
N. Chirculescu, L. Cochet ş.a.	**Proiectarea în concepţie unitară a sistemului informatic de conducere pentru întreprinderile de centrale electrice**	387–391
S. Ionescu, H. Cîmpeanu ş.a.	**Software de aplicaţie pentru conducerea on-line a sistemului energetic naţional**	391–393
	Secţia VI — **Arhitectură, rezistenţă şi instalaţii în construcţiile instalaţiilor energetice**	
A. Hristoforov, O. Nedelcu ş.a.	**Evoluţia soluţiilor de proiectare a clădirii principale la centralele termoelectrice**	393–395
R. Angelescu şi O. Nedelcu	**Probleme ce apar la unele construcţii industriale energetice fundate în terenuri macroporice**	395–398
M. Duminicatu, C. Bănică ş.a.	**Soluţii actuale de instalaţii aferente construcţiilor, în cadrul acţiunii de economisire a combustibilului, energiei electrice şi materialelor şi de reducere a investiţiilor din obiectivele energetice**	399–404

СОДЕРЖАНИЕ

Сессия научно-технических сообщений «Вклад ИСПЭ-ИСПХ в научно-техническую энергетическую революцию СРР» 297

И. Арменкою: **30 лет существования Института энергетических исследований и проектирования** 309

Г. Лука: **30 лет деятельности в области гидроэнергетического исследования и проектирования** 315

К. Михэиляну: **Сохранение энергии — насущное требование современности** 320

Д. Павел: **Некоторые перспективные проблемы енергетики** 325

Секция I — **Общая энергетика**

И. Арменкою, Д. Ренця, Д. Кожокару: **Новые источники энергии, принимаемые во внимание для использования в СРР в следующем этапе** 330

С. Богдан и *Д. Спиридон:* **Развитие румынской гидроэнергетики в рамках комплексного использования течений рек** 335

Секция II — **Теплоэлектростанции, ядерные электростанции и теплофикационные системы**

И. Борша, В. Константин и *другие:* **Эволюция концепции, методов и решений в проектировании ТЭЦ и теплофикационных сетей** 339

Е.Ницэ, М. Винтилеску и другие: **Эволюция концепции, методов и решений относительно проектирования электрической части ТЭС и ТЭЦ в СРР в период 1949—1979 гг. и будущие тенденции** 343

И. Никулеску, М. Войня и другие: **Вклад относительно экономии топлива и электрической энергии в теплофикационных сетях** 348

Секция III — **Гидроэнергетические установки**

Г. Оприш, И. Морариу, и *В. Диакону:* **Выбор числа и типа гидроагрегатов для оборудования средненапорных и высоконапорных ГЭС** 352

Е. Пархоти, И. Бикэ и другие: **Новые концепции в проектировании низконапорных ГЭС** 356

А. Векслер: **Прогноз в выборе гидротурбин** 360

Секция IV — **Системы, сети и электростанции**

П. Димо: **Ток короткого замыкания — показатель состояния больших объединенных систем** 368

В. Ниту, Х. Алберт и *М. Штейн:* **Эволюция концепции и принятых методов, обеспечивающих надежность функционирования энергетических установок** 370

П. Милитару, З. Няг и *Г. Георгицэ:* **Современная стадия и перспективы использования ЭВМ в проектировании электрических воздушных линий** 374

Б. Столеру и *Д. Войня:* **Эволюция методов и решений, применяемых в ИСПЭ в проектировании электростанций** 377

Х. Алберт, М. Чобану и *И. Флоря:* **Питание электрической энергией крупных промышленных потребителей. Эволюция концепции и тенденции в будущем** 383

Секция V — **Информатика в энергетике**

И. Киркулеску, Л. Коше и другие: **Проектирование в единой концепции системы информатики управления для предприятий электростанций** 387

С. Ионеску, Х. Кымпяну и другие: **Прикладные программы для применения в области управления** on-line **национальной энергетической системы** 391

Секция VI — **Архитектура, сопротивление и оборудование в строительстве энергетических установок**

А. Христофоров, О. Неделку и другие: **Эволюция решений в проектировании главных зданий теплоэлектростанций** 393

Р. Анджелеску и *О. Неделку:* **Вопросы, появляющиеся на некоторых энергетических промышленных постройках с фундаментом на макропористом грунте** 395

М. Думиникату, К. Бэникэ и другие: **Современные решения относительно установок, принадлежащих строительству в рамках мероприятий по экономии топлива, электрической энергии и материалов и по сокращению капиталовложений энергетических объектов** 399

INHALTSVERZEICHNIS

Die technisch-wissenschaftliche Tagung: „Beiträge der Institute ISPE und ISPH zur technisch-wissenschaftlichen Revolution in der Energiewirtschaft der SR Rumänien 297

N. Armencoiu: **30 Jahre des Bestehens des Instituts für energetische Studien und Projektierung** 309

Gh. Luca: **30 Jahre der Tätigkeit auf dem Gebiet der hydroenergetischen Studien und Projektierung** 315

C. Mihăileanu: **Die Energiekonservierung — ein Gebot höchster Aktualität** 320

D. Pavel: **Einige energetischen Fragen für den Zukunft** 325

Sektion I — **Allgemeine Energiewirtschaft**

N. Armencoiu, D. Renţea und *D. Cojocaru*: **Neue Energieformen, die in der nächsten Entwicklungsetappe in der SR Rumänien als nutzbar angesehen werden** 330

S. Bogdan und *D. Spiridon*: **Die Entwicklung der rumänischen Hydroenergiewirtschaft im Rahmen einer komplexen Nutzung der Wasserläufe** 335

Sektion II — **Wärmekraftwerke, Kernkraftwerke und Fernheizsysteme**

I. Borșa, Vl. Constantin u.a. : **Die Entwicklung des Konzeptes, der Verfahren und der Lösungen bei der Projektierung der Heizkraftwerke und Fernheiznetze** 339

E. Neniță, M. Vintilescu u.a. : **Die Entwicklung des Konzeptes, der Verfahren und der Lösungen bei der Pojektierung des elektrischen Teils der Wärme-und Heizkraftwerke in der SR Rumänien in den Jahre 1949 — 1979 und die Zukunftstendenzen** 343

N. Niculescu, M. Voinea u.a. : **Beiträge zur Einsparung der Brennstoffe und Elektroenergie beim Betrieb der Fernheiznetze** 348

Sektion III — **Hydroenergetische Einrichtungen**

Gh. Opriș, I. Morariu und *V. Diaconu* : **Festlegung der Anzahl und des Typs der Wasserturbinensätze bei der Ausrüstung von Wasserkraftwerken mit mittlerem und grossem Gefälle** 352

E. Parhoti, I. Bică u.a. : **Neue Konzepte bei der Projektierung von Wasserkraftwerken mit kleinem Gefälle** 356

Al. Wechsler : **Prospektivverfahren bei der Auswahl von Wasserturbinen** 360

Sektion IV — **Elektrische Systeme, Netze und Schaltanlagen**

P. Dimo : **Der Kurzschlussstrom — ein Zeiger des Zustandes grosser Verbundsysteme** 368

V. I. Nitu, H. Albert und *M. Stein* : **Die Entwicklung des Konzeptes und der zum sicheren Betrieb energietechnischer Anlagen angewandten Verfahren** 370

P. Militaru, Z. Neag und *G. Gheorghiță* : **Der heutige Stand und die Perspektive des Einsatzes elektronischer Rechner bei der Projektierung elektronischer Übertragungsleitungen** 374

B. Stoleru und *D. Voinea* : **Die Entwicklung der im Institut für energetische Studien und Projektierung angewandten Verfahren und Lösungen bei der Projektierung elektrischer Schaltanlagen** 377

H. Albert, M. Ciobanu und *I. Florea* : **Die elektrische Energieversorgung industrieller Grossverbraucher. Die Entwicklung der Konzepte und die Zukunftstendenzen** 383

Sektion V — **Informatik in der Energiewirtschaft**

N. Chirculescu, L. Cochet u.a. : **Die Projektierung des informatischen Leitungssystems für die Kraftwerksbetriebe im Rahmen eines einheitlichen Konzeptes** 387

S. Ionescu, H. Câmpeanu u.a. : **Die Anwendungs-Software für die On-line-Führung des nationalen Energieverbundsystems** 391

Sektion VI — **Architektur, Festigkeit und Einrichtungen in Bau energietechnischer Anlagen**

Al. Hristoforov, O. Nedelcu u.a. : **Die Entwicklung der Entwurfslösungen für das Hauptgebäude der Wärmekraftwerke** 393

R. Angelescu und *O. Nedelcu* : **Fragen bei der Fundierung industrieller energietechnischer Bauwerke in makroporösen Erdböden** 395

M. Dumicatu, O. Bănică u.a. : **Aktuelle Lösungen für Einrichtungen der Bauwerke in Rahmen der Aktion zur Einsparung von Brennstoff, elektrischer Energie und Werkstoffen und zur Senkung der Investitionskosten für energietechnische Objekte** 399

SOMMAIRE

* * * **Session technique et scientifique : „Contributions ISPE-ISPH à la révolution technique et scientifique dans l'énergétique roumaine** 297

N. Armencoiu : **30 années d'existence pour l'Institut d'Etudes et Projets Energétiques (ISPE)** 309

Gh. Luca : **30 années d'activité dans le domaine des études et projets hydroénergétiques** 315

C. Mihăileanu : **Conservation de l'énergie — impératif pour l'avenir** 320

D. Pavel : **Quelques problèmes de perspective dans l'énergétique** 325

Première Section — **Energétique générale**

N. Armencoiu, D. Rențea et *D. Cojocaru* : **Nouvelles formes d'énergie considérées comme utilisables en Roumanie dans l'étape suivante** 330

S. Bogdan et *D. Spiridon* : **Développement de l'hydroénergétique roumaine dans l'aménagement complexe des cours d'eau** 335

II-ème Section — **Centrales thermoélectriques, centrales nucléaires et systèmes de chauffage à distance**

I. Borșa, Vl. Constantin et a. : **Evolution des concepts, des méthodes et des solutions pour l'établissement des projets des centrales à production combinée chaleur/force et des systèmes de chauffage à distance** 339

E. Neniță, M. Vintilescu et a. : **Evolution des concepts, des méthodes et des solutions pour l'établissement des projets pour la partie électrique des centrales thermo-électriques et des centrales chaleur/force pendant les années 1949—1979 et tendances à l'avenir** 343

N. Niculescu, M. Voinea et a. : **Contributions à l'économie de combustibles et d'énergie électrique dans les réseaux de chauffage à distance** 348

III-ème Section — **Aménagements hydro-énergétiques**

Gh. Opriș, I. Morariu et *V. Diaconu* : **Choix du nombre et du type des hydro-agrégats pour les centrales hydro-électriques à moyenne et haute chute** 352

E. Parhoti, I. Bică et a. : **Nouveaux concepts dans l'établissement des projets des centrales hydro-électriques à basse chute** 356

Al. Wechsler : **Méthodes prospectives dans le choix des turbines hydrauliques** 360

IV-ème Section — **Systèmes, réseaux et postes électriques**

P. Dimo : **Le courant de court-circuit — indicateur de l'état de grands réseaux interconnectés** 368

V.I. Nitu, H. Albert et *M. Stein :* **Evolution du concept et des méthodes concernant la fiabilité des installations énergétiques** 370

P. Militaru, Z. Neag et *G. Gheorghiță :* **L'état actuel et la perspective de l'utilisation des ordinateurs à l'établissement des projets des lignes électriques aériennes** 374

B. Stoleru et *D. Voinea :* **Evolution des méthodes et des solutions utilisées par l'ISPE pour les projets des postes électriques** 377

H. Albert, M. Ciobanu et *I. Florea :* **L'alimentation en énergie électrique des gros consommateurs industriels. L'évolution des concepts et tendances à l'avenir** 383

V-ème Section — **Informatique en énergétique**

N. Chirculescu, L. Cochet et a. : **Projet du système informationnel, suivant une conception unitaire, pour la commande des entreprises de centrales thermiques** 387

S. Ionescu, H. Cimpeanu et a. : **Software d'application pour la commande on-line du système énergétique national** 391

VI-ème Section — **Architecture, résistance et installations dans le domaine de constructions des installations énergétiques**

Al. Hristoforov, O. Nedelcu : et a. : **Evolution des solutions des projets pour le bâtiment principal des centrales thermiques** 393

R. Angelescu et *O. Nedelcu :* **Quelques problèmes qui surgissent aux certaines constructions industrielles énergétiques fondées en terrains macroporiques** 395

M. Duminicatu, C. Bănică et a. : **Solutions actuelles pour les installations afférentes aux constructions, en considérant l'économie de combustibles, d'énergie electrique et matériaux, ainsi que la diminution des coûts d'investissement dans les constructions énergétiques** 399

CONTENTS

* * * **Technical and scientific Session : „ISPE-ISPH contributions to the technical and scientific revolution in the field of energetics in the SR of Romania''** 297

N. Armencoiu : **The 30 years' existence of the Power Study and Design Institute (ISPE)** 309

Gh. Luca : **30 years of activity in the field of hydropower studies and designs** 315

C. Mihăileanu : **Energy conservation — a highly acute and actual requirement** 320

D. Pavel : **Some problems of the future energetics** 325

Section I — **General energetics**

N. Armencoiu, D. Rențea and *D. Cojocaru :* **New form of energy regarded as usable in the SR of Romania within the next stage** 330

S. Bogdan and *D. Spiridon :* **Development of Romanian hydroenergetics in the frame of complex utilization of water flows** 335

Section II — **Thermal power stations, nuclear power stations and district heating systems**

I. Borșa, Vl. Constantin a.o. : **Development of conception, methods and solutions for the combined heat and power stations and district heating system design** 339

E. Neniță, M. Vintilescu a.o. : **Development of conception, methods and solutions for the design of the electric part of thermal power stations and combined heat and power stations within the period 1949—1979, as well as future trends** 343

N. Niculescu, M. Voinea a.o. : **Contributions to fuel and electric energy savings within district heating systems** 348

Section III — **Hydroprojects**

Gh. Opriș, I. Morariu and *V. Diaconu :* **Number and hydroaggregate type selection for equipping the hydropower stations of medium and high fall** 352

E. Parholi, I. Bică a.o. : **New concepts in the design of hydropower stations of low fall** 356

Al. Wechsler : **Prospective methods in hydraulic turbine selection** 360

Section IV — **Electric systems, networks and substations**

P. Dimo : **The short-circuit current — state indicator of the large interconnected systems** 368

V. I. Nitu, H. Albert and *M. Stein :* **Development of conception and methods adopted for the power installation reliability** 370

P. Militaru, Z. Neag and *G. Gheorghiță :* **Present stage and prospective of the electronic computer usage to the overhead electric lines design** 374

B. Stoleru and *D. Voinea :* **Development of methods and solutions for the design of electric substations, employed by the ISPE** 377

H. Albert, M. Ciobanu and *I. Florea :* **Electric energy supply of large industrial consumers. Development of concepts and future trends** 383

Section V — **Informatics in energetics**

N. Chirculescu, L. Cochet a.o. : **Unitary design conception of the informational control system for the power station management** 387

S. Ionescu, H. Cimpeanu a.o. : **Applicational software for the on-line control of the national power system** 391

Section VI — **Architecture, strength and installations in the field of energy installation buildings**

Al. Hristoforov, O. Nedelcu a.o. : **Development of the design solutions for the main buildings of the thermal power stations** 393

R. Angelescu and *O. Nedelcu :* **Problems occuring at some industrial power constructions foundated on macroporous soils** 395

M. Duminicatu, C. Bănică a.o. : **Current solutions for the installations belonging to the constructions, considering fuel, electric energy and material savings, as well as investment decrease in energetical objectives** 399

Telegrama adresată tovarășului NICOLAE CEAUȘESCU de participanții la Sesiunea tehnico-științifică ISPE—ISPH

Tovarășului NICOLAE CEAUȘESCU
Secretar General al Partidului Comunist Român
Președintele Republicii Socialiste România

Mult stimate tovarășe Nicolae Ceaușescu!

Participanții la sesiunea științifică, reflectînd contribuția Institutului de studii și proiectări energetice și Institutului de studii și proiectări hidroenergetice la revoluția tehnico-științifică în energetica Republicii Socialiste România, își exprimă recunoștința și profundul omagiu pentru atenția și grija permanentă pe care o purtați progresului continuu al forțelor de producție în patria noastră, ramurii energiei, în cadrul căreia activăm.

Construită și dezvoltată pe baza documentelor programatice ale partidului nostru, energetica românească s-a dezvoltat neîntrerupt, aducîndu-și aportul său la progresul general al României, la făurirea societății socialiste multilateral dezvoltate în patria noastră.

Activitatea noastră de zi cu zi a avut ca îndrumare permanentă prețioasele indicații pe care ni le-ați dat cu ocazia analizelor documentațiilor aferente investițiilor energetice, a vizitelor efectuate pe șantiere, precum și a celor rezultate din lucrările Consfătuirii cu cadrele de conducere din economie, din acest an, în care ați subliniat din nou necesitatea analizei, cu deosebită răspundere și seriozitate, a problemei combustibilului și energiei, pentru găsirea de soluții eficiente de reducere a consumurilor energetice.

Toate aceste indicații sînt reflectate și în comunicările prezentate sesiunii științifice, organizată de institutele de proiectări, pentru investițiile termo și hidroenergetice, a căror activitate a început în urmă cu 30 de ani ca o cerință directă a realizării obiectivelor planului de electrificare.

Ați binevoit să apreciați în mai multe ocazii realizările energeticii românești în toată această perioadă, însă succesele obținute în ultimul deceniu, dezvoltarea pe coordonate de perspectivă a activității noastre sînt indisolubil legate de gîndirea cutezătoare și de activitatea practică neobosită pe care o desfășurați în fruntea partidului și statului nostru.

Organizată în anul celui de-al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român, sesiunea științifică, reflectînd contribuțiile la revoluția tehnico-științifică în energetica patriei noastre, ne oferă prilejul unei noi angajări ferme a colectivelor noastre de muncă față de conducerea partidului, față de dumneavoastră personal, de a nu precupeți nici un efort pentru aplicarea exemplară în practică a hotărîrilor partidului nostru, a indicațiilor dumneavoastră, pentru asigurarea progresului continuu al energeticii românești, pentru dezvoltarea scumpei noastre patrii pe noi culmi ale civilizației și progresului, de înaintare spre comunism.

PREȘEDINTELE CONSILIULUI ȘTIINȚIFIC ISPE,
Ing. **E. Neniță**

DIRECTOR ISPE,
Dr. ing. **N. Armencoiu**

PREȘEDINTELE CONSILIULUI ȘTIINȚIFIC ISPH
Ing. **L. Lefter**

DIRECTOR ADJUNCT TEHNIC ISPH,
Dr. ing. **Gh. Luca**

Sesiunea de comunicări tehnico-științifice „Contribuții ISPE—ISPH la revoluția tehnico-științifică în energetica R. S. România"

Sesiunea de comunicări organizată de cele două institute de proiectări ale M.E.E. a avut loc în zilele de 17—18 mai 1979, cu prilejul împlinirii a 30 de ani de activitate în domeniul studiilor și proiectărilor energetice din țara noastră. Acest eveniment deosebit a determinat caracterul festiv pe care l-a avut ședința de deschidere a sesiunii, în ziua de 17 mai, în Sala mică a Palatului R.S.R.

Cuvîntul de deschidere, rostit de ing. Gh. Cocoș, adjunct al ministrului energiei electrice, a evidențiat realizările deosebite ale lucrătorilor celor două institute și contribuția lor la dezvoltarea energeticii românești, de-a lungul celor 30 de ani de activitate, precum și preocupările în care trebuie să persevereze în continuare pentru înfăptuirea politicii noastre energetice, în cadrul orientării și indicațiilor date de conducerea de partid și de stat, de secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu.

Activitatea desfășurată în decursul celor 30 de ani de ISPE și ISPH a fost prezentată de către directorii celor două institute, în cele două rapoarte generale.

Caracterul festiv al ședinței de deschidere a fost marcat și prin cuvîntul rostit de ing. Adriana Moraru, prim-secretar al Sectorului 2 P.C.R., care, în numele Comitetului de partid și al Consiliului Popular al Sectorului 2, a salutat lucrările sesiunii, urînd lucrătorilor ISPE și ISPH succese în cinstea celei de-a 35 aniversări a eliberării Patriei și a Congresului al XII-lea al partidului.

În urma caldelor felicitări exprimate de directorii: Institutului central de cercetări energetice, ai celor două centrale industriale din ramura energiei electrice și trusturilor de construcții și montaj, un moment emoționant l-au prilejuit cuvintele unor personalități din energetica noastră, care au condus aceste institute la începuturile activității lor, ca: prof. C. Dinculescu și prof. Dorin Pavel.

Ședința de deschidere s-a încheiat cu citirea telegramei adresate tovarășului Nicolae Ceaușescu, care a constituit un moment emoționant, reflectînd entuziasmul participanților la sesiune, subscriind astfel, încă o dată, la angajarea lor în înfăptuirea politicii noastre energetice, capabilă să asigure dezvoltarea multilaterală a țării.

Lucrările sesiunii s-au desfășurat în cadrul a șase secții de specialitate, și anume :

I. Energetică generală.
II. Centrale termoelectrice, nuclearoelectrice și sisteme de termoficare.
III. Amenajări hidroenergetice.
IV. Sisteme, rețele și stații electrice.
V. Informatică în energetică.
VI. Arhitectură, rezistență și instalații în construcțiile instalațiilor energetice.

La aceste secții au fost înscrise 214 referate, iar pe marginea lor s-au înregistrat 172 luări de cuvînt, la sesiune participînd circa 600 de specialiști, din proiectare, cercetare, învățămînt superior, exploatare, construcții-montaj etc.

În cadrul Secției I — *Energetică generală* — au fost dezbătute un număr de 18 referate, care au tratat probleme actuale privind dezvoltarea energeticii țării noastre și pe plan mondial, aspecte ale dezvoltării centralelor termoelectrice și hidroelectrice, probleme privind recuperarea resurselor energetice secundare, precum și introducerea unor noi forme de energie.

În prima grupă de rapoarte s-au tratat problemele de ansamblu privind dezvoltarea energetică a țării în perspectivă, aspectele noi care apar în acest domeniu și modul de rezolvare a acestora. Discuțiile purtate au subliniat necesitatea tratării globale a problematicii energeticii, importanța problemei stocurilor și a circulației energiilor, interesul pentru utilizarea resurselor mici prin aplicarea unor soluții tehnice simple, necesitatea pregătirii unui program național de energie pe termen lung, conservarea energiei etc. Din lucrările acestei grupe s-au desprins următoarele concluzii mai importante :

— necesitatea imperioasă de economisire a energiei prin producerea combinată de energie electrică și căldură (intensificarea realizării de centrale de termoficare și livrarea de căldură din centrale de condensație), reducerea consumurilor specifice de combustibil și tehnologice în instalațiile de producere a energiei electrice, precum și reducerea pierderilor în rețelele de transport și distribuție ;

— intensificarea recuperării resurselor energetice secundare ;

— introducerea energiei solare, eoliene și geotermice în circuitul economic ;

— canalizarea eforturilor specialiștilor în domeniul energeticii pentru asigurarea unei tratări unitare și globale a problematicii respective, ceea ce va putea conduce la găsirea soluțiilor celor mai adecvate în vederea rezolvării problemelor dificile cu care sînt confruntați :

— reducerea consumurilor de energie pe unitatea de venit național, la nivelul țărilor dezvoltate.

În cadrul grupei de hidroenergetică din această secție, referatele prezentate au tratat probleme majore ce pot influența în mod direct dezvoltarea hidroenergeticii în etapa viitoare, dintre care se menționează :

— creșterea producției de energie electrică la amenajările hidroenergetice puse în funcțiune pînă în prezent ;

— dimensionarea puterii instalate în CHE, a amenajărilor hidroenergetice complexe și a centralelor de mică putere și microhidrocentralelor, în contextul situației energetice actuale ;

— adîncirea studiilor și pregătirea condițiilor pentru promovarea, în etapa 1980—1990, a centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj, centrale care preiau în sistemul energetic rolul de centrale de mare vîrf și centrale de intervenție orară în caz de avarie ;

— perfecționarea soluțiilor tehnice și promovarea unor tehnologii de execuție care să conducă la scurtarea duratei de execuție, la creșterea productivității muncii pe șantiere și la reducerea consumului de materiale deficitare.

Referatele prezentate în cadrul Secției II — *Centrale termoelectrice, nuclearoelectrice și sisteme de termoficare* — pot fi grupate în trei grupe principale, care tratează :

— concepția de ansamblu în proiectarea centralelor termoelectrice și a rețelelor de termoficare ;

— probleme termoenergetice ale unor instalații de bază ale centralelor termoelectrice ;

— probleme legate de centralele nuclearoelectrice.

Din referatele prezentate, ca și din discuțiile pe marginea lor, se pot contura următoarele concluzii principale :

— producerea combinată a energiei electrice și a căldurii (termoficarea) rămîne în continuare calea principală de economisire a combustibililor. Se au în vedere centrale de termoficare cu unități și scheme specializate, adaptarea centralelor existente pentru producerea sau mărirea cantității de căldură livrată în termoficare, funcționarea cu vid înrăutățit a grupurilor

de 50, 100 și 125 MW din unele centrale electrice de termoficare, adaptarea centralelor cu grupuri de condensație din unele centrale termoelectrice pentru livrarea de căldură etc.;

— alte căi de reducere a consumului de combustibil: funcționarea după program, prin dispecerizarea surselor și rețelelor de termoficare, dimensionarea optimală a echipamentelor principale și auxiliare;

— pentru siguranța și continuitatea funcționării surselor, este necesar să se acorde o importanță de prim ordin concepției și funcționalității schemelor tehnologice complexe, precum și asigurării unor echipamente energetice de înaltă fiabilitate. Se impun, de asemenea, cercetări corespunzătoare asupra comportării în exploatare a echipamentelor și performanțelor realizate;

— ritmul înalt de dezvoltare și de diversificare a centralelor impune intensificarea acțiunii de tipizare a părților componente ale centralelor, corelată cu specializarea în domeniul construcții-montaj, care să permită mecanizarea și o mai mare interșanjabilitate;

— o mai mare atenție trebuie acordată relației sursă-sistem-consumator, pentru realizarea condițiilor de continuitate în alimentare, diferențiat pe tipuri de consumatori și pe trepte ale deranjamentelor de ansamblu sistem-surse.

Secția III — *Amenajări hidroenergetice* — a prezentat un număr de 60 de referate în grupa „Construcții hidroenergetice și hidrotehnice" și 10 referate în grupa „Echipamente și instalații hidroenergetice".

Comunicările, prin diversitatea subiectelor dezvoltate, au reușit să evidențieze toate aspectele activității în domeniul hidroenergetic, iar concluziile desprinse în urma discuțiilor, aducînd importante precizări și clarificări, vor putea sta la baza unui plan de măsuri deosebit de util pentru progresul proiectării și cercetării, în vederea executării de amenajări care să asigure o bună funcționare, cu consumuri minime de materiale și energie.

Problemele de bază pe care au fost axate lucrările și discuțiile din cadrul Secției III: utilizarea agregatelor de tip bulb, pentru centralele de pe Dunăre, utilizarea agregatelor de tip Francis pentru căderi pînă la 600 m, utilizarea pe scară largă a calculatoarelor electronice la determinarea solicitărilor în elementele de rezistență, aplicarea prospectivei în domeniul turbinelor hidraulice, instalarea unor agregate de tip bulb reversibil — reprezintă direcțiile în care specialiștii își aduc contribuția la revoluția tehnico-științifică caracteristică epocii noastre.

Referatele prezentate în cadrul Secției IV — *Sisteme, rețele și stații electrice* — au abordat o gamă foarte largă de probleme din domeniul planificării dezvoltării optime a sistemului energetic național în ansamblu, pe zone și pe centre industriale și urbane, precum și în domeniul proiectării instalațiilor electroenergetice privind liniile de transport, stațiile de transformare de înaltă și foarte înaltă tensiune, inclusiv instalațiile energetice avînd destinații speciale în funcționarea sistemului energetic. Ținînd seama de particularitățile referatelor prezentate, acestea au fost grupate în patru capitole, și anume:

— planificarea și funcționarea sistemului electoenergetic;
— linii electrice de transport;
— stații electrice de transformare de înaltă și foarte înaltă tensiune;
— alimentarea consumatorilor industriali și urbani.

O caracteristică generală a majorității referatelor este preocuparea pentru promovarea și realizarea unor concepții și soluții tehnice moderne de dezvoltare optimă a sistemului energetic național în ansamblu și în componentele sale principale, în condițiile satisfacerii unei politici de gospodărire rațională a combustibilului și energiei, măririi siguranței în funcționare, obținerii unor indicatori economici și tehnici superiori de realizare a instalațiilor electroenergetice, cum ar fi: reducerea costurilor specifice, a spațiilor de folosire, economisirea materialelor utilizate etc.

Ținînd seama de creșterea complexității dezvoltării sistemului energetic național, o atenție deosebită s-a acordat problemelor legate de elaborarea și perfecționarea metodelor, modelelor și programelor de calcul, împreună cu elaborarea normativelor de proiectare utilizate la optimizarea, planificarea și funcționarea sistemelor energetice, îmbunătățirea siguranței și prevenirea avariilor în sistem, a alimentării marilor platforme industriale, însoțite de contribuții originale, de înaltă ținută științifică și aplicabilitate imediată.

Comunicările care au constituit dezbaterile din Secția V — *Informatică în energetică* — au fost grupate pe trei tematici, corespunzător principalelor direcții de aplicare a informaticii, și anume:

— baze de date și utilizarea lor (informatica în conducerea activităților economice ale unităților M.E.E.);

— conducerea operativă a instalațiilor energetice (informatica în conducerea prin dispecer a sistemului energetic național și conducerea proceselor tehnologice din obiectivele energetice);

— pachete de programe cu utilizare în energetică (informatica în activităţile de cercetare-proiectare a dezvoltării sistemului energetic naţional şi de întreţinere-exploatare a instalaţiilor).

Din referatele prezentate şi luările de cuvînt la această secţie au reieşit următoarele concluzii mai importante :

— apreciind realizările în domeniul informaticii, preocupările susţinute ale ISPE şi ISPH în direcţia cibernetizării SEN şi unităţilor sale, se subliniază necesitatea intensificării în continuare a activităţii specialiştilor în acest domeniu ;

— se remarcă eforturile depuse în direcţia elaborării software-ului de aplicaţii specifice unităţilor ramurii, pentru echipamente PAD produse de industria noastră ;

— se impune ca, în conformitate cu prevederile programului naţional, să se organizeze activitatea astfel încît, odată cu darea în funcţiune a obiectivelor energetice, să intre în funcţiune sistemul informaţional-decizional aferent, orientat pe prelucrarea automată a datelor, ca şi mijloacele tehnicii de calcul necesare ;

— există realizări şi condiţii pentru ca să se treacă la proiectarea asistată de calculator a obiectivelor energetice într-o concepţie sistemică şi într-un flux continuu, începînd cu stabilirea soluţiilor optime, efectuarea calculelor de dimensionare şi terminînd cu trasarea automată a planurilor şi elaborarea automată a documentaţiilor tehnico-economice ;

— calculatorul electronic să devină un instrument indispensabil de lucru nu numai în cercetare şi proiectare, ci şi la nivelul unităţilor de exploatare, această măsură constituind un obiectiv major al specialiştilor din domeniul respectiv.

În cadrul Secţiei VI s-au prezentat probleme de construcţii de ordin general şi de *arhitectură*, o serie de probleme privind calculul, comportarea şi fundarea structurilor de *rezistenţă* şi probleme de *instalaţii*.

Discuţiile s-au purtat pe marginea problemelor de actualitate, dintre care se menţionează :

— evoluţia soluţiilor de proiectare a clădirii principale la centralele termoelectrice ;

— concepţii moderne în urmărirea comportării în timp a construcţiilor ;

— perspective în realizarea fundaţiilor prefabricate pentru turbogeneratoare ;

— probleme ce apar la construcţiile energetice fundate în condiţii dificile (terenuri macroporice, terenuri slabe etc.) ;

— utilizarea pe scară cît mai largă a calculului automat al construcţiilor ;

— soluţii actuale de construcţii, arhitectură şi instalaţii, care conduc la economii de combustibil, energie electrică şi la reducerea costurilor investiţiilor.

Concluziile care au rezultat reprezintă sinteza discuţiilor şi preocupărilor constructorilor în etapa actuală, dintre care se citează :

— extinderea calculului automat al datelor la dimensionarea elementelor de construcţii şi la desenul automat, asamblarea programelor de calcul static, dimensionare şi desen într-o linie automată ;

— necesitatea introducerii principiilor ergonomice în munca de proiectare şi de exploatare a centralelor ;

— necesitatea efectuării unor experimente pe fundaţii de turbogeneratoare şi corelarea acestora cu programul automat utilizat la calculul dinamic al structurilor ;

— utilizarea bateriilor de coşuri (eventual şi la beton) ;

— necesitatea unor colaborări viitoare cu Institutul de construcţii Bucureşti şi cu alte organizaţii, pentru perfecţionarea programului automat de calcul dinamic al structurilor fundaţiilor de turbogeneratoare cu puteri mai mari de 330 MW.

★

Şedinţa de închidere a sesiunii a făcut bilanţul rezultatelor fructuoase pe care le-au adus referatele prezentate şi discuţiile pe marginea acestora, înscriind hotărîrea fermă şi unanimă a colectivelor celor două institute de a-şi îndeplini sarcinile pentru a fi la înălţimea încrederii acordate de conducerea de partid şi de stat.

Lista rapoartelor prezentate la Sesiunea de comunicări: „Contribuții ISPE—ISPH la revoluția tehnico-științifică în energetica R. S. România"

Secția I — **Energetică generală**

I.1. *Bilanț energetic: forme de utilizare superioară a energiei, surse noi — perspective de utilizare*

I.1.1. N. Armencoiu și G. Manolescu (ISPE): Probleme actuale ale dezvoltării sistemului energetic național.

I.1.2. V. I. Nitu și D. S. Necșulescu (ISPE): Oprimizarea dezvoltării energetice în perspectivă a țării noastre: modele, orientări.

I.1.3. L. Groza, Șt. Cruceanu și D. Popovici (ISPE): Opțiuni în dezvoltarea energetică pe termen lung.

I.1.4. V.I. Nitu și C. Trifu (ISPE): Mutații prezente și viitoare în balanța energetică de combustibil a țării noastre.

I.1.5. N. Armencoiu, D. Rențea și D. Cojocaru (ISPE): Forme noi de energie considerate ca utilizabile în R. S. România în etapa următoare.

I.1.6. E. Costin (ISPE): Prognoza energetică în R.S. România, preocupări, rezultate.

I.1.7. P. Cartianu (ISPE): O sută de ani de energetică românească, 1850—1950.

I.1.8. Al. Cogălniceanu și D. Andrei (ISPH): Calcule tehnico-economice în energetică.

I.2. *Termoenergetică*

I.2.1. C. Goldenberg și A. Vlădescu (ISPE): Rezultate și perspective în optimizarea structurii centralelor electrice prin programare.

I.2.2. N. Mișu, D. Cojocaru și A. Vlădescu (ISPE): Încadrarea în sistem a centralelor termoelectrice în prezent și în perspectivă.

I.2.3. D. Rențea, L. Ghioca, G. Marinescu și A. Ștefănescu (ISPE): Preocupări ISPE în domeniul recuperării resurselor energetice secundare.

I.2.4. P. Cartianu (ISPE): Perspective energetice mondiale.

I.3. *Hidroenergetică*

I.3.1. Gh. Luca și I. Kaytar (ISPH): Indicatori ai dezvoltării în domeniul realizării de hidrocentrale, în R. S. România în 30 de ani (1950—1979).

I.3.2. S. Bogdan și D. Spiridon (ISPH): Dezvoltarea hidroenergeticii românești în cadrul utilizării complexe a cursurilor de apă.

I.3.3. D. Spiridon, (ISPH), N. Mișu (ISPE), Al. Gherghina și E. Pop (ISPH): Tipuri de amenajări de centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj și posibilități de realizare în R. S. România.

I.3.4. V. Bogan și V. Crăciun (ISPH): Influența modului de dimensionare asupra economicității centralelor hidroelectrice.

I.4. *Surse noi de energie*

I.4.1. P. D. Lazăr (ISPH): Soluție tehnică românească pentru captarea energiei valurilor din Marea Neagră — aprecieri critice.

I.4.2. C. Iulian și I. Lup (ISPH): Considerații tehnico-economice privitoare la captarea energiei valurilor mării și amplasarea hidrocentralelor în zona litorală a Mării Negre.

Secția II — **Centrale termoelectrice, nuclearoelectrice și sisteme de termoficare**

II.1. *Partea termică a instalațiilor din centralele cu grupuri mari (200 MW și peste)*

II.1.1. N. Armencoiu, D. Rențea, C. Goldenberg și G. Marinescu (ISPE): Contribuții ISPE în domeniul conservării energiei la centralele termoelectrice din țasa noastră.

II.1.2. N. Armencoiu, C. Goldenberg, M. Salgian, E. Vințilă și M. Vintilescu (ISPE): Dezvoltarea concepției de proiectare a părții tehnologice a centralelor termoelectrice.

II.1.3. R. Zbarcea (ISPE): Probleme deosebite privind realizarea primei centrale termoelectrice funcționînd pe șisturi bituminoase în R.S. România.

II.1.4. D. Filitti, M. Panaitescu, G. Ludoșan, D. Popescu, R. Vlădescu (TEnM): Soluții moderne de organizare a șantierului de montaj al CTE Anina — 3×330 MW pe șisturi bituminoase.

II.1.5. I. Borșa și V. Popovici (ISPE): Soluționări ale planului general al centralelor termoelectrice privind factorii determinanți de amplasare.

II.1.6. I. Ionescu, N. Trocan ș.a. (ISPE): Tipizarea centralelor termice și termoelectrice în cadrul ISPE.

II.1.7. G. Moraite și N. Crăciun (ISPE): Probleme și soluții de insularizare cu aplicație la partea termomecanică a CET și CTE proiectate de ISPE.

II.1.8. M. Rădulescu, O. Pavnotescu și D. Goliciu (ICEMENERG): Cercetări experimentale complexe la blocul de 330 MW de fabricație românească, în condiții de exploatare.

II.1.9. I. Moroianu, R. Șerban și I. Elekes (IMH): Dispersia noxelor în jurul unei termocentrale.

II.2. *Partea termică a centralelor de termoficare*

II.2.1. I. Borșa, Vl. Constantinescu, N. Niculescu, M. Voinea și L. Ghioca (ISPE): Evoluția concepției, metodelor și soluțiilor de proiectare a centralelor electrice de termoficare și a rețelelor de termoficare.

II.2.2. R. Dumitrache (ISPE): Ciclu binar aplicat unei turbine de termoficare.

II.2.3. C. Fodor (ISPE): Realizări și tendințe în proiectarea instalațiilor de tratare a apei.

II.3. *Automatizări, măsură și control în instalațiile termoenergetice*

II.3.1. S. Candiani, A. Cerbureanu și S. Olaru (ICEMENERG): Probleme privind utilizarea electrofiltrelor în centralele M.E.E.

II.4. *Serviciile interne ale CTE și CET*

II.4.1. S. Pătrășescu, Gh. Negoiță, O. Țenea, V. Cîrstoiu și V. Harth (ISPE): Concepția actuală și metode moderne de dimensionare a serviciilor proprii aparținînd CTE cu grupuri de mare putere din țară și străinătate.

II.4.2. M. Vintilescu și P. Iancovici (ISPE): Analiza fiabilității schemelor electrice de alimentare a sistemelor externe și interne de servicii proprii ale CNE cu grupuri de 700 MWe în filiera PHWR.

II.5. *Partea electrică a centralelor (conexiune primară, protecție și automatizări)*

II.5.1. E. Neniță, M. Vintilescu ș.a. (ISPE): Evoluția concepției, metodelor și soluțiilor în proiectarea părții electrice a CTE și CET din R. S. România în intervalul 1949—1979 și tendințe de viitor.

II.5.2. C. Bădescu, S. Ecstein, D. Oncica și D. Pătrășescu (ISPE): Probleme actuale puse de echipamentele electrice specifice centralelor termoelectrice.

II.5.3. E. Izsak și M. Sufrim (ISPE): Evoluția concepției și tendințe noi în proiectarea gospodăriei de cabluri în CTE și CET.

II.5.4. M. Sufrim și E. Crăciunescu (ISPE) : Soluții și metodologii de calcul în proiectarea instalațiilor de legare la pământ ale CTE și CET.

II.6. *Optimizarea și dimensionarea funcționării sistemelor de termoficare*

II.6.1. N. Niculescu și C. Teodorescu (ISPE) : Concepția dezvoltării termoficării în Municipiul București.

II.6.2. Fl. Breazu și M. Popescu (ISPE) : Rolul termoficării industriale și urbane în economia de energie.

II.6.3. T. Bodul (ICEMENERG), T. Grecu, (IPB), D. Neștianu și I. Falup (ICEMENERG) : Adaptarea grupurilor K—200—130—1 pentru funcționarea în termoficare, prin extragere de abur suplimentar din prize fixe.

II.6.4. N. Niculescu, M. Voinea ș.a. (ISPE) : Preocupări privind modernizarea echipamentelor din sistemele de termoficare.

II.6.5. N. Niculescu, M. Voinea ș.a. (ISPE) : Preocupări privind creșterea gradului de siguranță în funcționarea sistemelor de termoficare.

II.6.6. N. Niculescu, M. Voinea ș.a. (ISPE) : Contribuții la economisirea combustibililor și energiei electrice în rețelele de termoficare.

II.7. *Criterii și metode de optimizare a instalațiilor centralelor nuclearoelectrice*

II.7.1. S. Butoi, O. Sima și C. Dovlete (IMH) : Considerații privind supravegherea radiometeorologică în jurul unei centrale nuclearoelectrice.

Secția III — Amenajări hidroenergetice

III.1. *Construcții hidroenergetice și hidrotehnice*

III.1.1. R. Prișcu, A. Popovici, D. Stematiu, L. Ilie și C. Stere (ICB) : Progrese în domeniul analizei statice și dinamice a barajelor.

III.1.2. R. Prișcu, L. Ilie, D. Stematiu (ICB) și I. Corda (ISPH) : Analiza dinamică a barajului de închidere de la CHE Turnu Măgurele — Nicopole.

III.1.3. I. P. Mihai (ICB) : Comportarea betonului din zona întinsă a elementelor solicitate la încovoiere simplă sau compusă.

III.1.4. A. Moroianu și A. Mihalcea (ICH) : Unele rezultate privind comportarea barajelor la cutremure.

III.1.5. A. Moroianu (ICH) : Principii avute în vedere la întocmirea prescripțiilor de calcul ale barajelor la cutremur.

III.1.6. I. Borsaru și N. Buf (ICH) : Aparatură de măsură a deformațiilor în masive naturale de pământ și în corpul digurilor și barajelor din materiale locale.

III.1.7. M. Popescu (ICH) și A. Halanay (Univ. București) : Analiza stabilității hidraulice generale de funcționare în regimuri tranzitorii a uzinelor hidroelectrice prevăzute cu unul sau două castele de echilibru.

III.1.8. V. Parlea (ICH) : Aspecte ale calculului stabilității la baraje din materiale locale.

III.1.9. Y. Sederiaș și T. Alecu (ICH) : Unele aspecte privind chimismul apelor de infiltrație de la ecluza Agigea.

III.1.10. M. Dragomir (ICH) : Reactivarea agregatelor din sectorul C1t inferior.

III.1.11. P. Medeșan, E. Vintilă, M. Kamenitzer și M. Băgăian (ISPE) : Din experiența de proiectare a evacuării și depozitării hidraulice a zgurii și cenușii la centralele termoelectrice din R.S. România.

III.1.12. P. Medeșan, E. Vintilă, I. Dragomir și Fl. Bădescu (ISPE) : Probleme specifice la proiectarea construcțiilor hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice.

III.1.13. I. Pătăchie și A. Oprescu (IMH) : Situații excepționale ale precipitațiilor atmosferice în bazinul hidrografic Olt.

III.1.14. N. Safta (ISPH) : Soluții adoptate pentru limitarea și controlul eroziunilor aval de barajul Pucioasa.

III.1.15. N. Safta, S. Trandafir și M. Rațiu (ISPH) : Soluții adoptate pentru barajele cu stavile la amenajările hidroenergetice de pe Argeș și Olt.

III.1.16. M. Vasiliu, G. Armencea, S. Trandafir, I. Moraru și I. Stănescu (ISPH) : Proiectarea asistată de calculator a barajelor stăvilare de pe Olt.

III.1.17. M. Vasiliu (ISPH) : Considerații privind calculul seismic al barajelor de greutate.

III.1.18. M. Popescu-Make (ISPH) : Influența interacțiunii spațiale dintre structura de beton a capetelor de ecluză și terenul de fundare.

III.1.19. Al. Vasiliu și F. Scvorțov (ISPH) : Probleme ale amenajării potențialului hidroenergetic al Dunării pe sectorul româno-iugoslav, după realizarea Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier I.

III.1.20. Al .Vasiliu și F. Scvorțov (ISPH) : Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier II, pe Dunăre. Rezolvări cu caracter economic și soluții tehnice adoptate.

III.1.21. Al. Vasiliu, F. Scvorțov, I. Corda și C. Neșu (ISPH) : Concepții și soluții originale pentru batardoul de deviere a apelor la SHEN Porțile de Fier II.

III.1.22. N. Roșca și R. Ionescu (ISPH) : Sasuri de ecluze cu rosturi provizorii în radiere, optimizare tehnico-economică.

III.1.23. A. Stănciulescu (ISPH) : Studiu privind folosirea prefabricatelor la suprastructura centralelor executate și în curs de execuție pe riul Olt.

III.1.24. P. Antoci, L. Antoci și A. Burac (ISPH) : Folosirea metodelor statice pentru aprecierea comportării normale a barajelor în arc pe baza valorilor ce se înregistrează la pendule.

III.1.25. C. Teodorescu (ISPH) : Stabilitatea hidrodinamică a pereurilor din beton ale barajelor și digurilor din materiale locale la coboriri bruște ale nivelurilor în lacurile de acumulare.

III.1.26. C. Constantinescu, M. Rațiu și L. Gomboșiu (ISPH) : Accidente la construcțiile hidrotehnice din R.S. România.

III.1.27. D. Andrei, S. Tănase și R. Pascu (ISPH) : Studiul regimurilor hidraulice și energetice ale cascadei de UHE pe Dunăre.

III.1.28. P. Cerbureanu (ISPH) : Aspecte privind dimensionarea optimă a barajelor amenajărilor de joasă cădere.

III.1.29. P. Cerbureanu (ISPH) : Determinarea modulului de deformație prin măsurători la scară naturală.

III.1.30. G. Simionescu și C. Bănciulescu (ISPH) : Dimensionarea hidraulică și statică a galeriilor hidrotehnice cu liberă curgere.

III.1.31. St. Ionescu (ISPH), P. Mușat (ICPTT) și D. Florea (ISPH) : Siguranța comportării măștilor și a diafragmelor din beton bituminos ale barajelor la solicitare prin deformații impuse.

III.1.32. D. Florescu, E. Luca, L. Lefter și M. Sîrbu (ISPH) : Barajul Gura Apelor. Adaptarea profilului transversal la condițiile dificile de fundare a amplasamentului.

III.1.33. Șt. Ionescu, D. Hulea și B. Sevciuc (ISPH) : Soluții tehnice la proiectarea barajului Drăgan.

III.1.34. Șt. Ionescu și D. Florea (ISPH) : Influența neomogenității rocii de fundație asupra siguranței de alunecare a barajului Gura Apelor.

III.1.35. L. Lefter, H. Anastasiu, V. Cristidis, V. Busuioc și I. Toma (ISPH) : Analiza structurală a barajelor arcuite.

III.1.36. I. Birk (ISPH) : Evoluția concepției de proiectare a nodurilor de presiune ale UHE din R.S. România.

III.1.37. R. Ghemulet și V. Zvîncu (ISPH) : Utilizarea ancorelor pretensionate de lungime mare la consolidarea conturului excavat de la centrala subterană Mărișel.

III.1.38. E. Luca și M. Sîrbu (ISPH) : Calculul barajelor din materiale locale prin metoda elementului finit.

III.1.39. E. Luca, M. Sîrbu ș.a. (ISPH) : Metode matematice folosite în studiul corelării parametrilor geotehnici obținuți în laborator.

III.1.40. C. Văduva și R. Neagu (ISPH): Unele probleme inginero-geologice apărute în timpul execuției la amenajările hidrotehnice de pe rîul Olt.

III.1.41. C. Văduva (ISPH): Criterii de apreciere a potențialului de lichefiere al terenurilor de fundare în zone cu mișcări seismice.

III.1.42. C. Văduva, S. Gane și G. Angelescu (ISPH): Aplicarea unor metode statistice la stabilirea valorilor de calcul ale parametrilor geotehnici.

III.1.43. V. Chirileanu (ISPH): Interpretarea prin natura petrografică a calității agregatelor pentru betoane existente în principalele bazine hidrografice ale R.S. România.

III.1.44. A. Cosma, A. Rădulescu și O. Ștefănescu (ISPH): Calculul și determinarea parametrilor ecuației dreptei intrînseci (tg φ și C) prin metoda efortului unitar normal (σ) constant pe bloc și a eforturilor unitare tangențiale (τ) de egală deplasare, cu aplicabilitate la determinările „in situ" pe roci stîncoase.

III.1.45. A. Cosma, Fl. Ungureanu și M. Laudă (ISPH): Influența epuismentelor de la ecluza Agigea asupra apelor subterane din calcarele sarmațiene.

III.1.46. A. Cosma, I. Spanțoveanu și M. Grigore (ISPH): Influența tectonicii asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor în zona nodului de presiune Mărișel.

III.1.47. S. Budu (ISPH) și T. Alecu (ICH): Calculul eforturilor produse în căptușelile de mortar epoxi la schimbări de temperatură cu ajutorul calculatorului electronic.

III.1.48. S. Budu, B. Lăzărescu, W. Skoda și Z. Drinovan (ISPH): Utilizarea tehnologiei de injectare cu rășini epoxidice la lucrări de etanșare, consolidări și reparații în construcții.

III.1.49. S. Budu, B. Lăzărescu, W. Skoda și Z. Drinovan (ISPH): Extinderea metodei nedistructive de verificare a caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului la rășini sintetice.

III.1.50. D. Ispas (ISPH): Studii pe stand de cavitație pentru betoane de uzură, dispuse în jeturi de apă aerate și neaerate.

III.1.51. D. Ispas (ISPH): Optimizarea hidraulică a unor părți constructive la captările secundare.

III.1.52. Th. Stoicescu, L. A. Marin și C. Iulian (ISPH): Sisteme de alimentare a ecluzelor pentru împiedicarea pătrunderii apei de mare în canale navigabile.

III.1.53. A. Burciu (ISPH): Presiunea hidrodinamică produsă de cutremur asupra barajelor de greutate.

III.1.54. I. Toma, L. Lefter, T. Zarapapel și H. Anastasiu (ISPH): Încercări dinamice pe modele și în natură pentru baraje.

III.1.55. I. Teodorescu și Al. Vasiliu (ISPH): Optimizarea soluțiilor constructive ale batardoului fazei I de deviere a apelor la SHEN Porțile de Fier II, cu ajutorul studiilor pe model hidraulic.

III.1.56. D. Vlădăianu, V. Marinescu, M. Giușcă și M. Stan (ISPH): Determinarea înălțimii pernei de apă din avalul barajului Drăgan-Iad.

III.1.57. V. Popescu (ISPH): Unele probleme topografice de trasare. Urmărirea comportării în exploatare a barajelor în arc.

III.1.58. Gr. Cazacu (ISPH): Determinarea prin metode geodezice a deformațiilor apărute în urma seismului din 4 martie 1977, la podurile rulante de la CET București-Sud și retrasarea elementelor constructive ale acestora.

III.1.59. M. Ioan și Al. Buș (ISPH): Utilizarea plotterului în proiectare.

III.1.60. C. Văduva și I. Durdun (ISPH): Studiu hidrogeologic asupra infiltrațiilor din lacul Cicani-Jiu în carierele de lignit învecinate.

III.2. *Echipamente și instalații hidroenergetice*

III.2.1. N. Bitir, C. Cernat și D. Fillitti (TEnM): Contribuții privind organizarea lucrărilor de montaj la SHEN Porțile de Fier II, cu aplicabilitate la amenajările hiroenergetice de pe sectorul aval al Dunării.

III.2.2. G. Vertan (ICPEH Reșița), V. Dadu (ISPH), D. Bretan (ICPEHR), V. Bogan (ISPH) și W. Vogel (ICPEHR): Optimizarea punctului de calcul al unei turbine hidraulice.

III.2.3. E. Parhoti, T. Alexandru, Al. Taiachin și C. Grădinaru (ISPH): Concepții simplificate privind valorificarea prin microhidrocentrale a întregului potențial amenajabil tehnico-economic.

III.2.4. E. Parhoti, N. Butte, V. Dadu, N. Stoenescu și M. Cioc (ISPH): UHE Slatina, prima centrală hidroelectrică din R.S. România echipată cu grupuri bulb.

III.2.5. E. Parhoti, I. Bică, I. Popa, R. Firoiu și Al. Rusev (ISPH): Concepții noi la proiectarea centralelor hidroelectrice de joasă cădere.

III.2.6. D. Grecescu (ISPH): Prezentarea tehnologiei de vopsire în cîmp electrostatic.

III.2.7. A. Wechsler (ISPH): Metode prospective în alegerea turbinelor hidraulice.

III.2.8. V. Diacon, R. Irimescu ș.a. (ISPH): Punerea la uscat, prin pompaj, a unui baraj în arc de mare înălțime.

III.2.9. Gh. Opriș, I. Morariu și V. Diacon (ISPH): Alegerea numărului și tipului de hidroagregate pentru echiparea centralelor hidroelectrice de medie și mare cădere.

III.2.10. Gh. Opriș (ISPH): Treptele de putere ale agregatelor pentru centrale hidroelectrice.

Secția IV — **Sisteme, rețele și stații electrice**

IV.1. *Sisteme energetice*

IV.1.1. V. I. Nitu și G. Manolescu (ISPE): Evoluția concepției de dezvoltare și organizare a sistemului energetic național.

IV.1.2. P. Dimo (membru coresp. al Acad. R.S.R.): Curentul de scurtcircuit, indicator de stare al marilor sisteme interconectate.

IV.1.3. N. Armencoiu și Gh. Moraite (ISPE): Asupra unor soluții noi pentru îmbunătățirea comportării sistemului energetic în cazul unor perturbații grave în rețea.

IV.1.4. A. Poeată (IP Iași): Aspecte metodologice actuale privind cercetarea și proiectarea în energetică.

IV.1.5. V. I. Nitu, H. Albert și M. Stein (ISPE): Evoluția concepției și metodelor adoptate pentru siguranța în funcționare a instalațiilor energetice.

IV.1.6. V. I. Nitu, A. M. Petrescu (ISPE) și D. Oprișan (IPB): Modele de prognoză utilizate în estimarea siguranței pe termen scurt.

IV.1.7. E. Potolea (IPB): Echivalarea și estimarea în calculul sistemelor electroenergetice.

IV.1.8. L. Groza (ISPE), J. Constantinescu (ICEMENERG) și M. Săndulescu (ISPE): Analiza contingențelor, metode și verificări pentru îmbunătățirea siguranței în funcționare și prevenirea avariilor de sistem.

IV.1.9. P. Iancovici, M. Stein și D. Mateescu (ISPE): Conceptul de stare critică, un concept nou, ce polarizează măsurile pentru creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic.

IV.1.10. Gh. Bălan și L. Goia (ICEMENERG): Influența tratării neutrului asupra siguranței în funcționare a rețelelor de medie tensiune.

IV.1.11. A. Sevastru (ISPE): Contribuții la fundamentarea criteriilor și indicatorilor utilizați în studiile de optimizare a interconectării sistemelor electroenergetice naționale.

IV.1.12. L. Groza, N. Bordeian, S. Ionescu și B. Ungureanu (ISPE): Metode, modele și programe utilizate în planificarea și funcționarea sistemelor energetice.

IV.1.13. A. Arie, M. Eremia, S. Hurdubețiu (IPB) și F. Popescu (ICPE): Cercetări în cadrul Institutului politehnic București privind regimurile de funcționare a cablurilor de energie.

IV.1.14. H. Albert (ISPE): Comanda operativă a instalațiilor energetice.

IV.1.15. H. Cristea, I. Fecioru și V. Matei (ICEMENERG): Metode de determinare prin identificare a parametrilor modelului excitației mașinii sincrone pentru calculele de regimuri.

IV.1.16. A. Armencoiu (ICEMENERG): Modele de determinare prin identificare a parametrilor modelelor mașinii sincrone adoptate pentru calculele de regimuri.

IV.1.17. A. M. Petrescu (ISPE) și P.C. Nitu (IPB): Metode analitice utilizate în estimarea parametrilor de siguranță pentru echipamentele energetice cu funcții de repartiție a perioadelor de funcționare neexponențiale.

IV.1.18. I. Iordănescu (IPB): Rezolvarea corelată a problemelor privind compensarea factorului de putere și atenuarea regimului deformant.

IV.1.19. P. Iancovici, N. Bordeian, A. Itoafă și Fl. Mihăilescu (ISPE): Dezvoltarea sistemului energetic românesc și problemele conexe privind planificarea tensiunilor și puterii reactive.

IV.1.20. C. Cereșanu și M. Manolescu (ISPE): Sarcinile reglajului automat frecvență-putere de schimb în etapa actuală.

IV.1.21. Gh. Opriș (ISPH): Considerații privind aptitudinea centralelor hidroelectrice de a regla frecvența.

IV.1.22. E. Costin (ISPE): Preocupări în domeniul economiei energiei electrice.

IV.1.23. M. Eremia și H. Crișciu (IPB): Reducerea ordinului matricei coeficient al modelelor liniarizate ale sistemelor electrice.

IV.2. *Linii electrice*

IV.2.1. P. Militaru și C. Petrescu (ISPE): Evoluția concepției de proiectare a liniilor electrice aeriene de înaltă și foarte înaltă tensiune în intervalul 1949—1979 și tendințe de viitor.

IV.2.2. C. Petrescu, I. Chiriță, D. Mureșan și G. Sadoveanu (ISPE): Soluții tehnice avansate adoptate în proiectele de linii pentru export.

IV.2.3. P. Militaru, Z. I. Neag și G. Gheorghiță (ISPE): Stadiul actual și perspectiva utilizării calculatoarelor la proiectarea liniilor electrice aeriene.

IV.2.4. I. Prelipceanu și R. Sfichi (IRE Suceava): Considerații cu privire la influența electromagnetică a LEA 110 kV asupra LTc prin luarea în considerare a conductorului de pământ.

IV.2.5. Z. I. Neag (ISPE): Metodă de calcul, algoritm și program pentru determinarea intensității cîmpului electric la sol, produs de liniile electrice aeriene de foarte înaltă tensiune.

IV.2.6. C. Popovici și E. Țepeș (IMH): Metode de calcul al sarcinii date de greutatea depunerii de ghiață și a sarcinii rezultante depunere-vînt pe conductoare aeriene.

IV.2.7. P. Militaru și L. Pavlov (ISPE): Metodă de calcul, algoritm și program pentru comportarea conductoarelor într-un panou de întindere la sarcini neuniforme de chiciură și la ruperea unui conductor.

IV.2.8. M. C. Iliescu (IMH): Parametrii caracteristici numărului de descărcări electrice/100 km² de pe teritoriul R.S. România.

IV.2.9. A. Cristovici, D. S. Necșulescu și A. Popescu (ISPE): Evoluția concepției de coordonare a izolației și protecția împotriva supratensiunilor.

IV.2.10. A. Cristovici, A. Popescu, D. S. Necșulescu, F. Vatră și N. Popovici (ISPE): Probleme privind influența electromagnetică asupra mediului și siguranța la solicitările supratensiunilor în condiții speciale de proiectare a LEA.

IV.2.11. N. Șorea (IRE Suceava): Saltul conductoarelor liniilor electrice aeriene; considerații asupra metodelor de calcul.

IV.3. *Stații electrice*

IV.3.1. B. Stoleru și D. Voinea (ISPE): Evoluția metodelor și soluțiilor de proiectare a stațiilor electrice în ISPE.

IV.3.2. M. Deleanu, N. Petre, P. Rașcu și D. Voinea (ISPE): Evoluția conceptului de tipizare a stațiilor electrice de foarte înaltă tensiune proiectate de ISPE.

IV.3.3. I. Lungu și R. Huch (ISPE): Stații de 220 kV din R.S. România cu scheme poligonale.

IV.3.4. G. Duran (ISPE): Soluții constructive pentru stații electrice de 400 kV realizate în R.S. România.

IV.3.5. S. Ecstein (ISPE): Progrese realizate și perspective în construcția transformatoarelor electrice de înaltă tensiune.

IV.3.6. P. Columbeanu, M. Cojocaru și M. Petran (ISPE): Concepția de realizare a instalațiilor de protecție prin relee și automatizare în diferitele etape de dezvoltare a sistemului energetic național.

IV.3.7. B. Stoleru, S. Marcu și L. Cîmpeanu (ISPE): Modernizarea conducerii operative a stațiilor electrice prin introducerea tehnicii de calcul; stadiul actual și de perspectivă.

IV.3.8. S. Marcu și V. Chiriță (ISPE): Evoluția concepției de realizare a telemecanizării stațiilor electrice din R. S. România în perioada anilor 1949—1979 și soluții propuse pentru etapa 1980—1985.

IV.4. *Alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali*

IV.4.1. H. Albert, M. Ciobanu și I. Florea (ISPE): Alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali. Evoluția conceptelor și tendințe de viitor.

IV.4.2. D. Ivas (IP Iași): Contribuții la elaborarea unui model de determinare a schemelor optime pentru instalațiile de distribuție (conexiuni) din stațiile de transformare.

IV.4.3. M. Stein, H. Albert, M. Ciobanu, N. Crăciun și Gh. Crețu (ISPE): Creșterea continuității în alimentarea platformelor industriale prin insularizare în cazul avariilor extinse în sistem.

IV.4.4. Gh. Cîrțînă și D. Ivas (IP Iași): Contribuții la repartizarea optimă a capacităților pentru ameliorarea factorului de putere a consumatorilor deformanți între filtrele de armonici și instalațiile de compensare clasică.

IV.4.5. R. Sfichi (IRE Suceava): Studiul regimului deformant de funcționare a instalațiilor electrice, cu referire la zona industrială a muncipiului Suceava.

IV.4.6. A. Stănculescu (IRE Craiova): Optimizarea utilizării energiei electrice prin modele ale șirurilor de așteptare.

IV.4.7. A. Stănculescu (IRE Craiova): Studiul echipamentelor deteriorate în cadrul IRE Craiova prin corelație multiplă.

IV.4.8. M. Bogan, S. Tarnavschi, H. Albert și D. Hristea (ISPE): Preocupări privind optimizarea dezvoltării rețelelor de distribuție urbană.

Secția V — **Informatică în energetică**

V.1. *Baze de date și utilizarea lor*

V.1.1. N. Chirculescu (ISPE): Sistemul energetic, sistem cibernetic complex.

V.1.2. O. Mustață (IRE Suceava): Contribuții la conturarea sistemului informatic complex (SIC) al unei întreprinderi de rețele electrice.

V.1.3. N. Chirculescu, L. Cochet, E. Georgescu și L. Petrina (ISPE): Proiectarea în concepție unitară a sistemului informatic de conducere pentru întreprinderile de electrocentrale.

V.1.4. I. Potorac, C. Colea (BACME), T. Purcărea (ISPE) și I. State (BACME): Creșterea calității conducerii activității unei baze de aprovizionare (B.A.C.M.E.—M.E.E.) prin introducerea prelucrării automate a informației.

V.1.5. L. Gheorghe (M.E.E.) și L. Cochet (ISPE): Avantaje obținute în domeniul asigurării și utilizării resurselor umane la nivelul unităților și al M.E.E. prin prelucrarea automată a informației.

V.1.6. G. Grigoriu, M. Damian, A. Petre și I. Stiger (ISPE): Sistemul NOMMAT — baza de date nomenclator de materiale.

V.1.7. G. Grigoriu, M. Ursu și G. Stănciulescu (ISPE): Tratarea informației privind instalațiile și consumatorii din sistemul energetic, obiectiv prioritar al realizării bazei de date a sistemelor informatice de conducere din ramură.

V.1.8. N. Chirculescu, G. Grigoriu, L. Cochet și T. Purcărea (ISPE): Deziderate și realizări în domeniul aplicațiilor informatice de conducere-gestiune în ISPE.

V.1.9. V. Mustață și M. Ciubotaru (ISPE): Utilizarea prelucrării automate a datelor în studiul comportării în exploatare a construcțiilor energetice.

V.1.10. N. Chirculescu și E. Nedelea (ISPE): Utilizarea prelucrării automate a datelor în informarea documentării științifică și tehnică din ramura energiei electrice.

V.2. *Conducerea operativă a instalațiilor energetice*

V.2.1. H. Albert, M. Iancu, S. Marcu (ISPE) și V. Romert (DEN): Comanda prin dispecer a instalațiilor energetice. Evoluție, stadiu, perspective.

V.2.2. S. Ionescu, H. Cimpeanu ș.a. (ISPE+DEN): Software de aplicație pentru conducerea on-line a sistemului energetic național.

V.2.3. B. Ungureanu (ISPE), V. Romert (DEN) și R. Popescu (ISPE): Pachet de programe pentru aplicațiile off-line ale DEN — realizări și perspective.

V.2.4. H. Albert, M. Iancu, R. Savulian (ISPE) și I. Tofan (IPA): Modernizarea instalațiilor de conducere operativă a stației 400/220/110 kV București-Sud prin introducerea unui calculator de proces.

V.3. *Pachete de programe cu utilizare în energetică*

V.3.1. N. Chirculescu și D. Drăgușin (ISPE): Participarea CCE—ISPE la acoperirea necesităților PAD la ISPE și a altor unități M.E.E.

V.3.2. N. Chirculescu, S. Mathé ș.a. (ISPE+IREB): Prelucrarea automată a informației referitoare la încercările-măsurările profilactice efectuate la echipamentele electrice din stațiile de transformare și conexiuni.

V.3.3. B. Ungureanu (ISPE): Biblioteca de programe ELECTRA în sprijinul activității tehnice a întreprinderilor de rețele electrice.

V.3.4. B. Ungureanu (ISPE), M. Sîrbu (ICEMENERG), V. Tetelbaum și V. Florescu (ISPE): Extinderea posibilităților de calcul a regimurilor tranzitorii ale SEN.

V.3.5. B. Ungureanu și N. Berler (ISPE): Programul NEWREI pentru calcule de regim permanent pe rețele electrice reduse echivalente.

V.3.6. M. Itoafă (ISPE) și Al. Itoafă (DEN): Algoritm și program pentru elaborarea balanței de puteri pe noduri și zone ale SEN.

V.3.7. A. Marinescu și E. Crainic (ISPE): Extinderea posibilităților de calcul al stabilității statice pentru sistemul energetic național.

V.3.8. C. Cereșanu (ISPE), I. Chenzbraun (DEN) și V. Herea (ISPE): Pachet de programe pentru alegerea automată a valorilor de reglaj al protecției homopolare într-o zonă de rețea a SEN.

V.3.9. N. Chirculescu, B. Ungureanu, G. Grigoriu și E. Crainic (ISPE): Utilizarea calculatoarelor electronice în activitatea de studii și proiectare din ISPE — realizări și perspective.

V.3.10. N. Chirculescu, P. Cartianu, C. Jianu, L. Maghiar și I. Turcitu (ISPE): Considerații privind utilizarea prelucrării automate a datelor în realizarea documentației tehnico-economice pentru lucrările de investiții elaborate de ISPE.

V.3.11. N. Chirculescu, P. Cartianu, C. Jianu și I. Turcitu (ISPE): Calculul automat al valorii devizului general pentru obiective energetice și urmărirea încadrării valorilor proiectelor de execuție în valoarea acestuia.

V.3.12. V. Florescu și V. Radu (ISPE): Optimizarea execuției obiectivelor energetice prin minimizarea costurilor și estimarea nivelată a resurselor (metodă, algoritm, pachet de programe).

Secția VI — **Arhitectură, rezistență și instalații în construcțiile instalațiilor energetice**

VI.1. *Arhitectură*

VI.1.1. Al. Hristoforov, O. Nedelcu ș.a. (ISPE): Evoluția soluțiilor de proiectare a clădirii principale la centralele termoelectrice.

VI.1.2. V. Mustață, I. Simionescu, G. Rotărelu și Al. Ioan (ISPE): O concepție modernă, sistematică în organizarea urmăririi comportării în timp a construcțiilor speciale termoenergetice.

VI.1.3. I. Mihăilă: Importanța aplicării principiilor ergonomice în activitatea de proiectare de construcții termoenergetice.

VI.1.4. M. Dumitrescu (ISPE): Pentru criterii economice și eficiente în soluțiile arhitecturale ale centralelor.

VI.2. *Structura de rezistență*

VI.2.1. M. Balcu (ICB): Comportarea neliniară în regim static și dinamic a structurilor aflate în interacțiune cu terenul.

VI.2.2. S. Țațomir, D. Chițu și I. Sântu (ISPE): Posibilități și perspective în realizarea fundațiilor prefabricate pentru turbogeneratoare.

VI.2.3. M. Bătucă (ISPE): Particularizarea și aplicarea intensivă a prefabricării la unele obiective din CET și CTE.

VI.2.4. R. Angelescu și O. Nedelcu (ISPE): Probleme ce apar la unele construcții industriale energetice fundate în terenuri macroporice.

VI.2.5. I. Boboc și V. Zabetu (ISPE): Soluții de fundare în condiții dificile de teren utilizate la proiectarea construcțiilor termoenergetice.

VI.2.6. A. Ungureanu, A. Popa Burcă și D. Costan (ISPE): Utilizarea programelor bazate pe metoda elementului finit la analiza statică și dinamică a construcțiilor speciale energetice.

VI.2.7. V. Mustață și S. Rădinoiu (ISPE): Realizarea liniei automate de proiectare a structurilor formate din bare.

VI.3. *Instalații aferente construcțiilor*

VI.3.1. M. Duminicatu, C. Bănică, O. Ciobanu și S. Mambet (ISPE): Soluții actuale de instalații aferente construcțiilor în cadrul acțiunii de economii de combustibil, energie electrică și materiale și de reducere a investițiilor din obiectivele energetice.

VI.3.2. M. Zamfirescu și D. Doliș (ISPE): Instalații de stingere a incendiilor cu bioxid de carbon în centre de calcul.

Cuvîntarea tovarășului ing. GH. Cocoș, adjunct al ministrului energiei electrice

Stimate tovarășe și stimați tovarăși,

Participăm astăzi la un important eveniment în energetica românească, și anume împlinirea a 30 de ani de la înființarea celor două institute de studii și proiectări energetice: ISPE și ISPH. Dați-mi voie, în numele Consiliului de conducere al M.E.E., să vă felicit pentru această importantă aniversare și să urez succes deplin lucrărilor sesiunii științifice.

Cele două institute au fost înființate în anul 1949 sub forma unui institut unic, concomitent cu alte întreprinderi, de construcții, montaj și exploatare în domeniul energetic. Realizarea tuturor acestor unități a reprezentat concretizarea politicii partidului privind dezvoltarea unei puternice baze energetice, în cadrul amplei activități de dezvoltare economică și socială a țării noastre.

În 1949, institutul și-a început activitatea cu un colectiv restrîns, dar entuziast, de 50 de oameni, sub conducerea unor eminenți specialiști și oameni de știință, ca: Martin Bercovici, Constantin Dinculescu, Cristea Mateescu, Dorin Pavel, Paul Dimo, Cornel Penescu, Ștefan Gheorghiu, Constantin Rotaru, Silviu Bogdan și alții. S-a ajuns în cei 30 de ani de existență la două colective puternice și de prestigiu, în care lucrează cîteva mii de oameni ai muncii, din care numeroși specialiști de mare valoare, cunoscuți și apreciați în țară și străinătate.

De la începutul activității, institutul a trebuit să facă față unor sarcini importante, ca întocmirea de studii pentru realizarea primului plan de electrificare de zece ani și a planurilor de electrificare pentru următoarele cincinale, precum și traducerea în viață a obiectivelor energetice constînd din centrale termoelectrice, centrale hidroelectrice, linii de transport, stații de transformare și rețele de distribuție a energiei electrice și a căldurii.

Se poate afirma că formarea și dezvoltarea sistemului energetic național, concepute în colectivele dv., pe baza directivelor trasate de partid, realizarea tuturor obiectivelor energetice mai importante, se identifică cu activitatea desfășurată de dv. în cei 30 de ani parcurși.

Activitatea noastră a început cînd în țară se dispunea de o putere instalată totală în centralele electrice de 740 MW și o singură linie de 110 kV, în lungime de 127 km. În prezent, datorită și contribuției dv., puterea instalată în centrale a depășit 14 000 MW, funcționînd în cadrul unui sistem energetic unitar, iar rețelele electrice de transport ale sistemului însumează peste 15 000 km linii de 110 kV, 3300 km linii de 220 kV și 3200 km linii de 400 kV.

Printre obiectivele realizate pe baza concepției și proiectelor dv. se enumeră centralele hidroelectrice: Bicaz, Argeș, Lotru, Porțile de Fier; centralele termoelectrice: Luduș, Borzești, Craiova, Deva, Brazi, Brăila, Rovinari, Turceni, precum și toate liniile și stațiile interne și de interconexiune cu țările învecinate, de 400 kV, 220 kV și mare parte din rețeaua de 110 kV.

O mare atenție s-a dat termoficării, pîrghie importantă în realizarea de economii de combustibil prin producerea combinată de energie electrică și termică. În prezent puterea instalată în aceste centrale reprezintă peste 35% din totalul puterii instalate în centralele termoelectrice. Prin aceasta s-au economisit 2,7 milioane tone combustibil convențional în 1978, față de soluția producerii separate de energie electrică și termică.

Toate aceste realizări, care au fost concepute în institutele noastre, și-au dovedit încă de la început eficiența în funcționare, multe dintre acestea fiind apreciate în țară și peste hotare.

Pentru meritele deosebite în realizarea obiectivelor, institutele și specialiștii din cadrul lor au primit numeroase distincții. În afară de titlul de Laureat al Premiului de Stat și de Ordinul Muncii cl. III, obținut de institute, numeroși specialiști din cadrul lor sînt decorați cu ordine și medalii românești și străine.

Toate aceste realizări și prestigiul de care se bucură ISPE și ISPH, și dv. ca specialiști, se datoresc, în mare măsură, preocupărilor permanente de ascensiune profesională. Dacă la începuturile activității se cumpărau din străinătate unele proiecte de complexitate și dificultate mai deosebite, prin buna organizare și eforturile fiecăruia

dintre dv., s-a ajuns de mult timp ca toate lucrările energetice să se proiecteze integral în țară.

Sînt lăudabile eforturile permanente pentru însușirea celor mai avansate metode și procedee întîlnite pe plan mondial și a contribuțiilor aduse în această activitate metodologică. S-au utilizat permanent cele mai perfecționate mijloace de calcul. Calculatoarele electronice s-au utilizat de la introducerea lor în țară, iar din 1965 ISPE și-a realizat un centru de calcul electronic propriu.

În toate problemele energetice noi, colectivele dv. au avut un rol important. Astfel, ISPE a participat la proiectarea Institutului de fizică atomică și a dus o activitate organizată pentru realizarea programului nuclear din țara noastră, care acum urmează a se concretiza sub o altă structură organizatorică, dar și cu participarea dv.

Specialiștii din institutele noastre participă cu rapoarte științifice și la diferite organisme științifice internaționale, ca : CIGRE, PSCC, Conferința Mondială a Energiei, ONU etc., multe simpozioane și conferințe internaționale fiind organizate cu concursul dv. și în țara noastră.

Institutele au întocmit și întocmesc studii și proiecte pentru realizarea de obiective energetice în străinătate, ca : baraje hidroelectrice în Algeria și Iran, centrale termoelectrice în India, Egipt, Siria și Turcia, rețele electrice în Iran, Siria, Nigeria, Maroc etc. Specialiștii din cadrul colectivelor dau asistență tehnică în : Peru, Bolivia, Algeria și Iran.

Tovarăși,

Etapa actuală de edificare a societății socialiste multilateral dezvoltate pune în fața noastră noi sarcini privind dezvoltarea energetică a țării. Printre acestea se menționează, ca sarcini prioritare, utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice ale țării prin reducerea consumurilor specifice și valorificarea de noi resurse energetice, realizarea noilor obiective energetice în condiții de eficiență tehnico-economică superioară, funcționarea sigură a tuturor instalațiilor sistemului energetic național.

Ca urmare, la indicațiile conducerii superioare, s-a inițiat un întreg program de măsuri vizînd în principal realizarea de economii de combustibili și valorificarea unor noi surse de energie electrică și căldură. Dintre propunerile făcute de institutele noastre în ultimul timp, menționez extinderea termoficării, care aduce importante economii de combustibil și înlocuiește importante consumuri de hidrocarburi, precum și propunerile privind reducerea pierderilor în rețele. De asemenea, s-a prevăzut intensificarea acțiunii de valorificare a potențialului hidroenergetic al țării, ceea ce necesită un important volum de muncă de creație și execuție, avînd în vedere că, treptat, rămîn de realizat centralele hidroelectrice cu condițiile cele mai grele de construcție.

În ceea ce privește realizarea noilor investiții, pe de o parte este necesar ca performanțele lor tehnico-economice să se situeze la nivelul tehnicii mondiale, iar pe de altă parte este necesar ca ele să fie permanent urmărite, atît pe parcursul construcției cît și în exploatare, chiar și după atingerea parametrilor proiectați, pentru a se valorifica întreagă această experiență la viitoarele obiective energetice.

Obligația noastră finală este de a asigura la consumatori energie electrică și termică în mod continuu și de calitate corespunzătoare. Pentru aceasta, conducerea de partid și de stat a subliniat în repetate rînduri atenția pe care noi toți trebuie să o acordăm siguranței în funcționarea sistemului energetic și a instalațiilor sale. Acțiunile întreprinse pînă în prezent în această direcție, deși și-au dovedit deja eficiența, sînt abia la început.

Tovarăși,

Traducerea în viață a acestor probleme prioritare în domeniul energetic, și care constituie jaloanele activității dv. prezente și viitoare, necesită multă perseverență și efort creator. Sînt necesare soluții permanente noi și de mare eficiență.

Lucrările sesiunii oglindesc preocupările și realizările dv. în domeniile menționate. Sînt convins că sesiunea de comunicări organizată va aduce o nouă contribuție în dezvoltarea ramurii. Problemele care se vor discuta prezintă un interes deosebit pentru activitatea ministerului nostru și sînt convins că multe dintre acestea, cu care ne confruntăm, își vor găsi cu această ocazie rezolvări concrete, pe care consiliul de conducere le așteaptă. Importanța preocupărilor dv. și entuziasmul pe care l-ați dovedit în activitatea de pînă acum ne dau certitudinea că indicațiile tovarășului Nicolae Ceaușescu cu privire la dezvoltarea bazei energetice vor fi realizate, aducîndu-ne astfel contribuția la dezvoltarea patriei iubite, Republica Socialistă România.

Cuvîntarea tovarășei Ing. Adriana Moraru,

prim-secretar al Comitetului P.C.R. al Sectorului 2

Stimate tovarășe și stimați tovarăși,

Cu prilejul aniversării a 30 de ani de la înființarea Institutului de studii și proiectări energetice și a Institutului de studii și proiectări hidroenergetice, a fost organizată această sesiune de comunicări științifice privind contribuția celor două institute la înfăptuirea revoluției tehnico-științifice în energetica românească.

Permiteți-mi ca de la această tribună să vă adresez salutul Comitetului de partid și al Consiliului popular al Sectorului 2, pentru succesele dobîndite de comuniști, de toți oamenii muncii din cele două institute pentru transpunerea în viață a politicii energetice și să urez să dobîndiți în viitor noi și importante realizări în munca ce o depuneți, care să răspundă cerințelor și exigențelor puse în fața noastră de conducerea partidului și statului nostru, personal de Secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu.

După cum cunoașteți, efortul omenirii, al fiecărei națiuni în parte, spre progres social-economic, spre civilizație, reprezintă în mare măsură un efort spre dezvoltarea energetică. Amplele modificări calitative pe care revoluția tehnico-științifică le determină în domeniul forțelor de producție și în întreaga bază materială a societății, cu implicații directe asupra calității vieții, nu pot avea loc fără o dezvoltare energetică adecvată. De consumul de energie, și în particular de cel al energiei electrice, sînt legate modernizarea și automatizarea tehnologică, progresul informaticii și al mijloacelor de comunicații, utilizarea mijloacelor moderne de investigație științifică, îmbunătățirea traiului oamenilor.

Elaborarea politicii energetice face obiectul unei atenții speciale din partea partidului și statului nostru. Așa cum arăta tovarășul Nicolae Ceaușescu în Raportul prezentat la Conferința Națională a Partidului Comunist Român din decembrie 1977, „în mod deosebit trebuie să acordăm atenție asigurării și gospodăririi rationale a combustibililor și energiei — problemă vitală pentru însăși dezvoltarea în continuare a economiei, a întregii noastre societăți".

Cunoaștem cu toții că în domeniul energetic partidul nostru a promovat și promovează o linie clară — exprimată înaintea crizei mondiale a petrolului — pe baza căreia au fost elaborate programe menite să asigure satisfacerea cerințelor economiei naționale.

Pentru a da viață acestor programe, celor două institute, organelor și organizațiilor de partid, consiliilor științifice, tuturor oamenilor muncii le revin sarcini deosebite pentru valorificarea cu maximum de eficiență a rezervelor de huilă, lignit și șisturi bituminoase, pentru accelerarea programului construcției de hidrocentrale, precum și punerea în valoare a unor surse noi, cum sînt energie solară, eoliană, apele termale. În același timp, este necesar ca dumneavoastră să acționați cu o înaltă răspundere în realizarea unor studii și proiecte care să ducă la o folosire rațională a materiilor prime, la creșterea randamentului lor, reproiectării produselor, aplicării tehnologiilor celor mai avansate care au la bază un consum mic de energie.

De asemenea trebuie să acționați cu toată hotărîrea și răspunderea pentru traducerea neabătută în viață a indicațiilor date cu prilejul vizitelor de lucru efectuate în sectorul 2 de către secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu.

Noi considerăm că actuala sesiune de comunicări științifice se înscrie pe coordonatele unei susținute activități practice în domeniul energeticii.

Concluziile și propunerile ce se vor desprinde din numărul mare de comunicări cuprinse în programul sesiunii trebuie să stea în atenția organizațiilor de partid, a consiliilor științifice și să fie valorificate eficient, deoarece, acționînd în acest mod, contribuiți la stimularea în continuare a gîndirii științifice și tehnice a tuturor oamenilor muncii din cele două institute.

În încheiere, doresc să evidențiez încă o dată importantele realizări ale institutelor, atît în valorificarea superioară a resurselor energetice cît și în preocuparea de zi cu zi a comuniștilor, a tuturor oamenilor muncii, de a elabora proiecte la nivelul celor mai bune realizări pe plan mondial.

Cu această deosebită ocazie, vă doresc ca în cinstea celor două evenimente, a XXXV-a aniversare a eliberării României de sub dominația fascistă și cel de-al XII-lea Congres al Partidului, să obțineți succese însemnate în toate domeniile de activitate.

30 de ani de existență a Institutului de Studii și Proiectări Energetice

Dr. ing. N. Armencoiu

Evoluția și rolul ISPE în energetica românească

În urmă cu trei decenii, în condițiile în care țara noastră păşea pe calea construirii socialismului, conducerea de partid și de stat a decis înființarea unor instituții și organizații de tip nou, care trebuiau să fie factori activi ai dezvoltării social-economice. Printre primele institute înființate a fost și Institutul de Studii și Proiectări Energetice — ISPE — la 3 martie 1949.

Dispunînd la început de un mănunchi de circa 50 de specialiști, sub conducerea regretatului academician Martin Bercovici și a academicianului Constantin Dinculescu, noului institut i s-a trasat sarcina de mare răspundere să elaboreze primul plan decenal de electrificare a țării, să efectueze cercetări, studii și proiecte pentru fundamentarea lucrărilor energetice, să inventarieze potențialul energetic al țării și să întocmească proiectele concrete ale obiectivelor prevăzute în acest plan de electrificare.

Desfășurarea importantelor programe energetice a arătat necesitatea adîncirii specializării în cele două sectoare de producere a energiei electrice, termoenergetic și hidroenergetic, și, ca urmare, în anul 1963, a fost înființat Institutul de Studii și Proiectări Hidroenergetice, prin separarea de ISPE a activității hidroenergetice.

În urma acestor reorganizări, sfera de activitate a ISPE cuprinde în prezent următoarele domenii: problemele de ansamblu privind dezvoltarea și funcționarea sistemului energetic, centralele termoelectrice, inclusiv cele de termoficare, liniile și stațiile electrice de peste 110 kV și rețelele de termoficare. Pentru rezolvarea corespunzătoare a tuturor problemelor puse de o asemenea activitate, în ISPE s-a format un centru de calcul electronic, care, în etapa actuală, rezolvă și o serie de probleme de gestiune ale unităților din Ministerul Energiei Electrice.

Îndeplinindu-și sarcinile încredințate, cele două institute, ISPE și ISPH, s-au situat printre factorii de bază ai dezvoltării energetice a țării, care a înregistrat între anii 1950 și 1978 o importantă evoluție, marcată prin următorii indicatori sintetici:

— puterea totală instalată a crescut de la 740 MW la 14 145 MW;

— producția de energie electrică a crescut de la 2,1 miliarde kWh la 64,2 miliarde kWh;

— rețelele electrice de transport de 220—400 kV totalizau în 1978 peste 5600 km de linii și 70 de stații, față de numai 127 km linii de 110 kV și două stații în 1950;

— cantitatea de căldură livrată prin termoficare s-a ridicat la 77,8 milioane Gcal.

În cei 30 de ani parcurși într-o evoluție permanent ascendentă, ISPE și-a format o concepție proprie de rezolvare a problemelor energetice din țara noastră, pe care și-a perfecționat-o continuu, în concordanță cu cerințele economiei naționale în plină dezvoltare și cu nivelul tehnic pe plan mondial.

Elaborarea studiilor privind dezvoltarea în ansamblu a sistemului energetic național

La proiectarea tuturor obiectivelor energetice s-a avut în vedere atît satisfacerea unor necesități imediate, cît și încadrarea lor în ansamblul sistemului energetic național pe o perioadă de largă perspectivă. În acest scop se efectuează studii de optimizare a dezvoltării în perspectivă a întregului sistem energetic național.

Pe baza unor asemenea studii s-a dezvoltat rețeaua de bază a sistemului energetic național, care în prezent este formată din linii de 400 kV și de 220 kV, sub forma mai multor bucle cu legături diagonale și care conectează practic toate marile noduri consumatoare sau producătoare de energie electrică pe teritoriul țării.

Pentru viitor, în vederea asigurării unor schimburi de putere între diferitele zone ale țării, la scara viitoarei dezvoltări energetice, studiile au arătat necesitatea construirii unui inel de mare capacitate de transport pe teritoriul țării, format dintr-o linie de 400 kV cu dublu circuit. Tronsoane din acest inel s-au executat deja, cum ar fi Turceni—Rovinari și Turceni—Slatina. Prin aplicarea unei asemenea concepții, împreună cu alte măsuri de economisire a energiei, s-au redus pierderile în rețeaua de transport de la valoarea de 3—4 % în anii trecuți la 1,5% în anul 1978.

După cum este cunoscut, sistemul nostru energetic național funcționează interconectat cu sistemele energetice ale țărilor vecine. În aceste condiții se elaborează studii privind diversele regimuri de funcționare a sistemului nostru energetic.

Se menționează, cu acest prilej, metodele de calcul ale academicianului Paul Dimo, bazate pe analiza nodală, elaborate și implementate în ISPE, metode larg utilizate astăzi în tehnica mondială.

O mare atenție s-a acordat funcționării sigure și eficiente a sistemului energetic național. În vederea prevenirii avariilor de sistem sînt în curs de realizare o serie de automatici care acționează pe măsură ce avaria ar putea să capete amploare. Principiul care a stat la bază are în vedere că marile platforme industriale trebuie să își mențină continuitatea în funcționare, chiar separate de sistem, cu alimentare numai din surse locale.

S-au elaborat studii privind dotarea în continuare a dispecerului energetic, corespunzător noilor etape de dezvoltare a sistemului energetic național, noua concepție fiind în curs de implementare.

Activitatea de concepție și proiectare a centralelor termoelectrice

Un domeniu important, care a reprezentat una din preocupările de bază ale dezvoltării energeticii țării, l-a constituit proiectarea centralelor termoelectrice.

Într-o primă etapă (în anii 1950—1954) s-au proiectat și pus în funcțiune centrale cu grupuri de putere unitară de pînă la 20 MW și parametrii aburului de 64 ata, 480°C. Această etapă de proiectare a centralelor Ovidiu II, Doicești, Comănești, Sîngiorgiu de Pădure a constituit și perioada de punere în practică a pregătirii teoretice a cadrelor de specialiști și de verificare a acesteia. În perioada 1954—1959, proiectarea centralelor a fost orientată spre grupuri cu puteri unitare mai mari de 25—50 MW și parametri mai ridicați de 100 ata și 510°C, ca, de exemplu, centrala Paroșeni. S-a trecut în continuare la realizarea de centrale de condensație cu grupuri de puteri unitare de 100, 150 și 200 MW cu parametri de 140 ata și 540°C și supraîncălzire intermediară de 540°C, precum și la proiectarea unor centrale de termoficare echipate cu grupuri de 50 și 100 MW, cum sînt centralele Luduș, Borzești, Brazi I, Craiova etapa I, Deva. Preocupările de bază în proiectarea centralelor electrice au fost puternic marcate de hotărîrile Congreselor al IX-lea și al X-lea ale P.C.R., care au pus în fața proiectanților sarcina dezvoltării într-un ritm mai intens a energeticii țării, precum și a folosirii eficiente a resurselor energetice.

Pe baza experienței căpătate și a abordării numeroaselor aspecte ale proiectării complexe a centralelor termoelectrice, s-a realizat un salt deosebit și în același timp o restructurare în cadrul institutului, trecînd de la colaborarea cu firme din străinătate pentru realizarea proiectelor, la proiectarea integrală cu forțe proprii a întregului ansamblu al unei centrale termoelectrice. Acest proces de maturizare și de aplicare a cunoștințelor științifice și inginerești a fost posibil prin efortul conjugat al tuturor compartimentelor ISPE, al unei organizări și specializări corespunzătoare, al orientării industriei românești spre producerea echipamentelor și în primul rînd datorită condițiilor create de partid pentru exprimarea plenară a creativității inginerilor energeticieni.

Pornind de la aceste premise, concepția de proiectare a centralelor s-a orientat spre stabilirea unui nou palier de putere unitară a grupurilor termoenergetice, de 330 MW, cu parametri superiori ai aburului. De asemenea, s-a trecut la mărirea puterii instalate în centrale, creșterea substanțială a ponderii utilizării cărbunelui inferior, în special a lignitului din bazinul Oltenia, și valorificarea șisturilor bituminoase. Asemenea centrale au fost proiectate și realizate sau sînt în curs de proiectare și realizare : Craiova-Işalnița 1000 MW, Rovinari 1720 MW, Turceni 2640 MW, Anina 1000 MW. Prin efortul general al energeticienilor, pe baza concepției și a proiectelor elaborate de ISPE, s-a ajuns ca puterea instalată în centralele termoelectrice la finele anului 1978 să fie de circa 16 ori mai mare decît puterea corespunzătoare din anul 1950.

De asemenea este de menționat faptul că valoarea de 35,7% a randamentului net, în centralele electrice din România, ocupă în prezent un loc de frunte pe plan mondial.

O direcție principală a dezvoltării energeticii din țara noastră, la care ISPE și-a adus contribuția, o constituie introducerea termoficării.

De menționat că centralele electrice de termoficare, cu o putere instalată în 1978 de circa 3800 MW, au livrat o cantitate de căldură de circa 77 mil. Gcal, ceea ce a condus la o economie anuală de combustibil de 2,7 mil. t c.c.

Cerința imperioasă de a realiza în continuare economii de combustibil face ca în viitor dezvoltarea termoficării să fie prioritară.

Noile centrale de termoficare vor fi realizate cu două tipuri principale de grupuri, de 50 MW (de preferință de contrapresiune), pentru necesități tehnologice, și de 120 MW, cu supraîncălzire intermediară, în principal pentru termoficarea urbană.

Totodată, pentru reducerea pierderilor de căldură la condensatoarele turbinelor de condensație cu prize și pentru prelevarea unor cantități de căldură din centralele de condensație,

s-au prevăzut soluţii cu funcţionarea cu vid înrăutăţit (fascicole înglobate), la grupurile de 50 şi 100 MW, livrări de abur din turbinele de condensaţie de 200 MW — 330 MW (Deva, Craiova, Turceni, Rovinari, Doiceşti), precum şi transformarea unor turbine de condensaţie de 50 MW şi 150 MW (Paroşeni) în turbine de termoficare.

Un loc important în realizarea obiectivelor energetice l-a constituit proiectarea părţii de construcţii a acestora.

Construcţiile termoenergetice, prin specificul lor, se caracterizează printr-o varietate şi tehnicitate deosebită, datorită diversităţii echipamentelor, solicitărilor importante statice şi dinamice, deschiderilor şi înălţimilor mari, precum şi datorită condiţiilor de fundare foarte variate. Clădirile principale ale termocentralelor, cu deschideri de pînă la 42 m şi înălţimi de pînă la 92 m, coşurile de fum de pînă la 280 m înălţime, turnurile de răcire cu diametre şi înălţimi de ordinul a 50 —100 m, gospodăriile de cărbune ce vehiculează cantităţi de 50 —80 000 tone zilnic, dau construcţiilor termoenergetice o pondere importantă în domeniul investiţiilor de obiective energetice.

Este de menţionat că, încă de la începutul existenţei institutului, întreaga gamă de construcţii de centrale electrice a fost realizată în întregime după o concepţie proprie şi cu forţele proprii ale institutului.

Pînă în anii 1958 —1960, activitatea s-a caracterizat prin realizări de volume crescînde de lucrări, cu concepţie şi metode de realizare tradiţionale. Între anii 1961 —1968 au început să se introducă în concepţia de proiectare metode industrializate, ca, de exemplu : prefabricate grele de beton armat, mărci superioare de beton, cofraje glisante, mecanizarea lucrărilor de volume mari.

Perioada 1969 —1979 se caracterizează printr-o industrializare din ce în ce mai intensă şi prin introducerea de numeroase soluţii avansate, avînd ca scop micşorarea manoperei şi mărirea vitezei de execuţie, economisirea de materiale deficitare, reducerea greutăţii construcţiilor şi a costului investiţiilor. Astfel, la construcţia coşurilor de fum, s-a perfecţionat tehnica cofrajelor glisante pentru forme tronconice, la turnurile de răcire hiperbolice s-a pus la punct execuţia în cofraje păşitoare. La clădirile principale ale centralelor Luduş, Borzeşti, Brazi, Deva, s-au realizat structuri importante în cofraje glisante, iar la centralele Bucureşti-Sud, Brăila, Năvodari, Turceni s-au pus în operă prefabricate grele din beton armat.

Gradul de prefabricare a betonului armat la construcţiile de termocentrale a ajuns în 1978 la circa 45 —50%, faţă de 19 —22% în anii 1972 —1974.

În ceea ce priveşte elementele nestructurale, se urmăreşte şi se aplică cu consecvenţă utilizarea de elemente uşoare (azbociment, tablă cutată, azbopan, profilit, beton celular autoclavizat), aplicînd astfel soluţiile prezentate la expoziţiile din ianuarie 1977 şi octombrie 1978 — iniţiate de conducerea superioară de partid şi de stat.

O preocupare de bază a proiectanţilor a constituit-o şi reducerea de suprafeţe şi volume construite şi instalarea totală sau parţială de echipamente în aer liber.

Aceste măsuri, concretizate prin economii substanţiale de ciment şi oţel, s-au aplicat la o serie de obiecte ale centralelor electrice, cum sînt : sălile de maşini pentru grupurile de 50 MW de la Brazi, Năvodari, Giurgiu, Borzeşti, corpurile de buncăre aferente grupurilor de 50 MW pe cărbune de la Giurgiu şi Borzeşti, sălile de cazane de 420 t/h pe păcură sau cărbune de la Brazi, Năvodari şi, respectiv, Giurgiu şi Borzeşti.

Progrese importante în ceea ce priveşte eficienţa proiectării s-au obţinut prin automatizarea proiectării părţii de construcţii şi optimizarea dimensionării structurilor cu ajutorul calculatoarelor, folosind programe proprii sau adaptate.

Construcţiile hidrotehnice ale centralelor electrice sînt concepute în sensul utilizării cît mai complete a capacităţii de răcire a apei din rîuri, respectiv a economisirii combustibilului, adoptînd scheme în circuit mixt, respectiv deschis cînd rîul asigură debitul necesar. Lucrările hidrotehnice, de complexitate crescîndă, ca urmare a creşterii puterii instalate şi a debitelor, au prezentat o evoluţie ascendentă ca nivel tehnic, ce se poate aprecia de asemenea prin gradul de fiabilitate sporit şi prin comportarea lor în exploatare.

În domeniul turnurilor de răcire, dela capacităţi de 5000 m^3/h s-a ajuns la turnuri cu performanţa de 42 000 m^3/h debit, corespunzătoare blocului de 330 MW. Evacuarea hidraulică a zgurii şi cenuşii este marcată prin rezolvarea unor lucrări importante, conducte de refulare pe 10 —12 km lungime, depozite cu diferenţă de nivel de 130 m, amplasate pe terenuri mlăştinoase, mai puţin fertile, cu condiţii hidrogeologice grele.

Activitatea de concepţie şi proiectare a reţelelor electrice de transport

Preocupări şi evoluţii similare s-au înregistrat şi în domeniul reţelelor electrice. Astfel, începînd din anul 1949, toate staţiile de transformare din cadrul sistemului energetic naţional, pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv, au fost realizate pe baza proiectelor elaborate numai cu

forţele institutului, pe baza unei concepţii proprii. Pe măsura dezvoltării sistemului energetic şi a creşterii numărului de staţii de transformare, s-a trecut la tipizarea lor, acţiune favorizată de asimilarea de către industria electrotehnică românească a majorităţii echipamentelor electrice de înaltă şi joasă tensiune.

În prezent se dispune de o gamă largă de proiecte-tip pentru instalaţiile de înaltă tensiune pînă la 400 kV inclusiv.

Printre progresele înregistrate numai în ultimul deceniu în proiectarea staţiilor electrice, sînt de remarcat următorii indici semnificativi referitori la instalaţiile de 400 kV : reducerea suprafeţei ocupate cu circa 60%, reducerea volumului lucrărilor de construcţie cu circa 30%, reducerea consumului de oţel cu circa 30%.

Preocupările de viitor în domeniul staţiilor electrice vor fi canalizate în special în direcţiile perfecţionării în continuare a sistemului de modulare a structurii staţiilor în vederea creşterii posibilităţilor de diversificare a soluţiilor de ansamblu şi introducerii tehnicii capsulării în hexafluorură de sulf a instalaţiilor de foarte înaltă tensiune.

Echiparea liniilor de 110, 220 şi 400 kV s-a făcut în soluţii tipizate ca secţiuni, număr de conductoare pe faze, număr de circuite şi izolatoare. În vederea utilizării cît mai raţionale a teritoriului ţării, în ultimii ani s-a trecut tot mai mult la proiectarea de linii de transport cu dublu circuit de 110 kV, 220 kV şi chiar de 400 kV. Începînd încă din anul 1950 a fost treptat introdus betonul armat la construcţiile stîlpilor liniilor, şi anume pentru toate liniile de medie tensiune, ca şi pentru stîlpii de susţinere ai liniilor de 110 kV. Din anul 1973 introducerea cornierelor din oţel de rezistenţă superioară a condus la reducerea consumurilor de metal, iar din anul 1976 s-au introdus laminate din oţel autoprotejat produs de siderurgia românească. Introducerea, începînd cu acest an, a profilelor laminate la rece cu aripi subţiri determină o nouă reducere, cu circa 15%, a consumurilor de metal, faţă de proiectele de stîlpi folosite pînă în prezent. Preocuparea de industrializare a lucrărilor de fundaţii, prin reducerea tipurilor de fundaţii şi prefabricarea lor, a condus la atingerea unui grad de prefabricare în 1979 de 70% la liniile de 220 kV dublu circuit şi 400 kV simplu circuit.

În scopul reducerii pierderilor în liniile electrice de transport, studiile recente au stabilit necesitatea echipării liniilor de 400 kV cu conductoare de 3×450 OL-Al, faţă de 2×450 OL-Al, soluţie folosită pînă acum, noile proiecte fiind în curs de realizare.

Organizarea şi activitatea centrului de calcul ISPE

Rezolvarea tuturor sarcinilor legate de electrificarea ţării a necesitat încă din primii ani mijloace moderne de calcul. Această acţiune a început încă din anul 1958, odată cu executarea în ţară a primelor calculatoare electronice cifrice CIFA. În anul 1963 institutului i s-a atribuit un calculator propriu, CIFA 102, fiind cel dintîi în ţară cu o astfel de dotare. Ulterior s-a înfiinţat centrul de calcul ISPE, iar în 1971 a fost dat în funcţiune calculatorul IRIS–50. În prezent centrul de calcul ISPE dispune de trei calculatoare FELIX : C–512, C–256 şi C–32. Pentru realizarea sarcinilor de proiectare există în bibliotecă peste 200 de programe şi care conduc la o durată de utilizare a acestor calculatoare de 2500 ore/an.

Pe lîngă aplicaţiile calculatoarelor la proiectarea obiectivelor energetice şi la efectuarea unora din calculele de gestiune ISPE, centrul de calcul a elaborat proiecte în informatică pentru diferite unităţi ale M.E.E.

În cadrul programului de cibernetizare a proiectării, în cursul acestui an urmează a fi elaborate sau reactualizate circa 80 programe. În etapa imediat următoare se va efectua integral pe calculator întreaga activitate de devize şi analize economice, în prezent ea fiind în proporţie de 80%.

Colaborarea ISPE cu alte instituţii din ţară şi de peste hotare

În legătură cu dotarea obiectivelor energetice cu echipamente, factor hotărîtor în realizarea investiţiilor, ISPE a avut o contribuţie importantă la dezvoltarea producţiei româneşti. Activităţile în această direcţie au cuprins elaborarea de condiţii tehnice, caiete de sarcini şi studii de asimilare, analiza de norme interne şi standarde de produse, precum şi participarea

la omologarea de produse noi și la tratativele pentru achiziționarea de licențe, în strînsă colaborare cu ministerele producătoare. Dezvoltarea fabricației în țară a echipamentelor pentru centralele electrice, precum și adîncirea specializării în proiectare au permis ca din anul 1963 să se înceapă exportul de centrale electrice, în care institutul a avut sarcina de proiectant general. Specialiștii noștri au elaborat proiectele și au participat la punerea în funcțiune a diferite centrale termoelectrice și termice în India, Egipt, R.D.G., Siria, Pakistan, Filipine.

Activități similare de export, elaborate la un înalt nivel tehnic, s-au desfășurat și în ceea ce privește rețelele electrice avînd ca parteneri diverse firme din Iran, Liban, Iordania, Pakistan, Maroc, Nigeria, Siria, Iugoslavia etc.

Institutul a elaborat studii de electrificare și de fezabilitate a unor obiective energetice pentru unele țări în curs de dezvoltare, ca, de exemplu : R.P. Benin, Filipine, Peru, Bolivia, Turcia, și a acordat asistență tehnică unor firme din Algeria și Peru.

Bogata activitate din toate domeniile ce formează profilul institutului a presupus o continuă adîncire a pregătirii profesionale, dezvoltarea unui climat tehnico-științific de analiză și a unei bogate activități proprii de elaborare de metodologii de proiectare, de direcționare a unor soluții cu caracter original. Activitatea tehnico-științifică în domeniile mai sus menționate a condus la elaborarea multor soluții cu caracter novator, unele din acestea fiind brevetate în țară și peste hotare. ISPE a devenit un partener apreciat al unor reputate instituții și firme din străinătate ca : Electricité de France, TEP Moscova, Energoprojekt-Praga, Siemens-Erlangen și altele.

Este meritorie și înscrierea ISPE în circuitul manifestărilor tehnico-științifice internaționale ale unor organizații de prestigiu ca : Conferința Marilor Rețele Electrice (CIGRE), Comitetul Electrotehnic Internațional (CEI), Comisia de Ajutor Economic Reciproc (CAER), Conferința Mondială a Energiei (CME), Comitetul de coordonare a studiilor de interconectare balcanică etc.

Un număr apreciabil dintre lucrătorii ISPE figurează ca autori sau coautori a peste 40 de cărți din domeniul energetic (unele din ele premiate de Academia Republicii Socialiste România) și a numeroase articole apărute în reviste de specialitate din țară și străinătate. Pentru realizările obținute în decursul activității, institutului nostru i s-au acordat înalte distincții, și anume : Premiul de Stat și Ordinul Munii.

Trebuie să subliniem că întreaga activitate de concepție depusă de ISPE a putut fi concretizată datorită muncii pline de elan și efortului continuu depuse de colegii noștri din cadrul organizațiilor de construcții și montaj și din cadrul unităților de exploatare a obiectivelor puse în funcțiune. Multe din soluțiile preconizate nu s-ar fi putut valorifica fără colaborarea strînsă care a existat permanent cu toate celelalte unități ale Ministerului Energiei Electrice.

Utilizarea judicioasă a combustibililor, sarcină primordială a ISPE în etapa actuală

Așa după cum recent a arătat tovarășul secretar general Nicolae Ceaușescu, „una din problemele foarte serioase, căreia trebuie să-i acordăm atenție, este cea a combustibilului și energiei. Este necesar ca toate ministerele, centralele, întreprinderile să analizeze cu răspundere și seriozitate această problemă, pentru găsirea soluțiilor necesare reducerii consumurilor de combustibil și energie".

Concretizarea acestei politici generale în domeniul energetic reclamă din partea proiectanților de obiective energetice soluții pentru a se răspunde actualelor sarcini trasate de conducerea superioară de partid și de stat : economie de combustibil, eficiență economică, siguranță în funcționare.

În ceea ce privește economia de combustibil și eliberarea de hidrocarburi, sub coordonarea directă a conducerii Ministerului Energiei Electrice, s-a elaborat un amplu program de măsuri, care are în vedere următoarele :

— alimentarea cu căldură a unor consumatori urbani și industriali din centrale de condensație existente pe cărbune, cum ar fi Deva, Doicești, Craiova, Turceni, Rovinari ;

— racordarea la centralele de termoficare pe lignit sau resurse secundare a unor consumatori de căldură situați la distanțe de pînă la 25—30 km, cum ar fi Tg. Jiu, Rm. Vîlcea, Tîrgoviște etc. ;

— devansarea și introducerea termoficării în noi centre cu consumuri importante de căldură, cum ar fi Brașov, Sibiu, Arad, Cluj, Tg. Mureș etc. ;

— reducerea în continuare a pierderilor în rețelele electrice de transport prin noi soluții.

Prin realizarea tuturor acestor măsuri se prevede să se obțină importante economii de combustibil și eliberări de hidrocarburi. Paralel cu aceste măsuri, este necesar să acționăm, împreună cu colegii de la ICEMENERG, pentru introducerea în producția curentă a surselor neclasice și neconvenționale de energie electrică (energie solară, geotermică, eoliană etc.).

În ceea ce privește realizarea propriu-zisă a obiectivelor energetice trebuie să existe o preocupare mai mare pentru creșterea gradului de industrializare, reducerea duratelor de execuție și a ponderii părții de construcții-montaj, pentru utilizarea cît mai judicioasă a terenurilor, introducerea diferiților înlocuitori ai materialelor de bază etc.

În ceea ce privește siguranța în funcționare, așa cum s-a arătat mai sus, s-au efectuat studii și s-au stabilit soluțiile de bază pentru creșterea continuității în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. Trebuie urmărită cu multă perseverență implementarea și finalizarea tuturor acestor soluții preconizate.

O mare atenție va trebui acordată alimentării combinate cu energie electrică și termică a marilor platforme industriale, avînd în vedere rolul important pe care aceste platforme îl au în ansamblul economiei naționale.

Pentru rezolvarea cu succes a tuturor acestor sarcini, este necesar să colaborăm strîns cu toți colegii din celelalte unități ale M.E.E., de construcții-montaj-exploatare, precum și cu cei din afara ministerului nostru.

Odată obiectivele puse în funcțiune, este necesară organizarea urmăririi comportării în exploatare pe o lungă perioadă de timp, incluzînd în proiecte experiența astfel cîștigată.

30 de ani de activitate în domeniul studiilor și proiectărilor hidroenergetice

Dr. ing. **Gh. Luca**
— ISPH —

Activitatea de studii și proiectare pentru toate instalațiile energetice — centrale termo și hidroelectrice, linii și stații electrice — , precum și studiile de teren și laborator pentru toate aceste instalații s-au desfășurat în perioada 1949—1958 în cadrul Institutului de Studii și Proiectări Energetice. În 1958 sectorul de studii de teren al ISPE a devenit o organizație de sine stătătoare, denumită Întreprinderea de Cercetări și Studii Energetice (ICSE). În 1963, prin unirea sectorului de proiectare pentru amenajări hidroenergetice din ISPE cu ICSE s-a format Institutul de Studii și Proiectări Hidroenergetice (ISPH), care elaborează studiile de teren și laborator pentru toate instalațiile energetice, precum și studiile și proiectele pentru uzinele hidroelectrice.

În timp, în procesul de elaborare și realizare a diferitelor etape de electrificare a țării, s-a format concepția de proiectare a amenajărilor hidroenergetice, ținînd seama de progresele pe plan mondial în acest domeniu, aplicate condițiilor specifice țării noastre.

Una dintre sarcinile principale care a revenit ISPE încă de la înființarea sa, și apoi ISPH, a fost studiul resurselor hidroenergetice ale țării. În acest scop s-au folosit o serie de studii elaborate în perioada anterioară celui de-al doilea război mondial. Se menționează pe această linie ampla lucrare a prof. dr. doc. Dorin Pavel „Plan général d'aménagement des forces hydrauliques en Roumanie", publicată în 1933, precum și studiile pentru unele rîuri elaborate de către profesorii D. Pavel, Cr. Mateescu, D. Leonida, C. Dinculescu ș.a. Totodată s-a organizat o activitate susținută de recunoașteri de teren în toate bazinele hidrografice ale țării, organizarea unei rețele hidrometrice, efectuarea de ridicări topogeodezice și de studii geologice și geotehnice, pe baza cărora s-au putut elabora schemele de amenajare a cursurilor de apă. Ca rezultat al acestei activități s-a evaluat potențialul tehnic amenajabil la 40 TWh/an, din care 70% revin rîurilor interioare, iar 30% potențialului Dunării care revine țării noastre. Potențialul economic amenajabil a crescut continuu, de la 24 TWh/an în 1963 la 30 TWh/an cît este estimat astăzi, atît datorită îmbunătățirii indicatorilor tehnico-economici ai CHE, ca rezultat al perfecționării schemelor și soluțiilor constructive, cît și datorită scumpirii continue a combustibilului pe plan mondial.

Valorificarea sistematică a potențialului hidroenergetic al țării a început din anul 1950, odată cu primul plan de electrificare. La acea dată utilizarea potențialului hidroenergetic era neînsemnată, puterea tuturor CHE fiind de 60 MW, iar capacitatea lor medie anuală de producție de 145 GWh pe an. Cea mai mare CHE, Dobrești, avea puterea de 16 MW.

Din 1950 și pînă la sfîrșitul anului 1980 s-au realizat și se vor pune în funcțiune, pe baza proiectelor elaborate de ISPH, un număr de 65 CHE totalizînd o putere de peste 3650 MW, cu capacitate medie de producție mai mare de 11 miliarde kWh pe an. Prin aceasta, în 1980 va fi amenajat circa 28% din potențialul tehnic și 37,5% din potențialul economic amenajabil al țării.

Ritmul de valorificare a potențialului hidroenergetic a fost în continuă creștere. Astfel, în perioada 1951—1960 s-au pus în funcțiune în medie 15 MW pe an, între 1961 și 1970 — 100 MW pe an, iar între 1971 și 1980 — 250 MW pe an.

Aceste cifre delimitează anumite etape caracteristice în proiectarea și construcția centralelor hidroelectrice. Astfel, într-o primă etapă s-au realizat CHE de putere mică (Aștileu, Moroieni, Sadu V), la nivelul celor existente în 1950. Apoi s-a trecut la construirea de centrale de mare putere cu importante lacuri de acumulare în zona de munte. Această etapă este marcată de punerea în funcțiune a amenajărilor „V. I. Lenin"-Bicaz (1960—1961) și „Gh. Gheorghiu-Dej", pe Argeș (1966).

După 1960 au început să intre în funcțiune centralele de medie și joasă cădere de pe Bistrița și Argeș, în aval de marile CHE menționate, care beneficiază de regularizarea debitelor în marile lor lacuri de acumulare.

O dată memorabilă o constituie punerea în funcțiune în 1970—1971 a SHEN Porțile de Fier I, realizată în comun cu R.S.F. Iugoslavia, care, prin puterea sa de 2050 MW și producția

anuală de peste 10 TWh/an, ce se împarte egal între cele două țări riverane și prietene, este cea mai mare din Europa, cu excepția U.R.S.S.

De asemenea, în 1972—1974 s-a dat în funcțiune CHE Lotru, care, prin puterea sa de 510 MW, este cea mai mare amenajare de derivație din țară și una dintre cele mai mari de acest tip din Europa.

Din scurta enumerare prezentată se constată că pînă în 1970 s-au proiectat și realizat treptat toate tipurile de amenajări hidroelectrice care se pot realiza în țară : CHE de derivație, de mare cădere în zona de munte, CHE de medie și joasă cădere în cascadă, pe cursul mijlociu și inferior al rîurilor, și amenajări fluviale pe Dunăre.

Din analiza amenajărilor realizate și în construcție se poate desprinde concepția de amenajare a cursurilor de apă din România, care poate fi rezumată în următoarele trăsături caracteristice :

— utilizarea maximă a potențialului hidroenergetic prin schemele de amenajare care prevăd amenajarea integrală a rîurilor ;

— utilizarea complexă a resurselor de apă ale țării, atît pentru producerea de energie electrică cît și pentru alte folosințe de apă, și în special pentru alimentări cu apă potabilă și industrială, irigații, precum și pentru atenuarea viiturilor ;

— utilizarea superioară a energiei hidraulice prin folosirea capacității manevriere a CHE în acoperirea părții variabile a consumului de energie electrică.

Această linie a fost aplicată la toate tipurile de CHE care se pot realiza în țară.

Astfel, amenajările de mare cădere din zona de munte dispun în majoritatea cazurilor de lacuri mari de acumulare pentru regularizarea debitelor, ele necesitînd dezafectări mult mai reduse în comparație cu lacurile de pe cursul mijlociu și inferior al rîurilor. Pentru creșterea eficienței economice a CHE s-a urmărit continuu concentrarea potențialului hidroenergetic în centrale mai puține ca număr, dar de putere mai mare.

În acest scop s-a aplicat sistematic concentrarea debitelor și căderilor.

Ca rezultat al acestei linii, schemele clasice ale CHE de pe Argeș și Lotru, la care centralele principale aveau puterea de 40 MW și, respectiv, 70 MW, au fost mărite la 220 și 510 MW.

În proiectarea amenajărilor de medie și joasă cădere s-a acordat în primul rînd atenție cursurilor de apă la care s-au realizat, pe cursul superior, mari lacuri de acumulare. Prin aceasta CHE din aval beneficiază de debite regularizate sporite și de debite maxime atenuate, iar potențialul hidroenergetic este mai mare ca rezultat al derivărilor de debite realizate din alte bazine. La aceste amenajări s-a urmărit reducerea treptelor de cădere și de debite instalate, ceea ce dă posibilitatea reducerii numărului de tipodimensiuni de hidroagregate. Astfel cele 12 centrale de pe cascada Bistriței utilizează patru tipodimensiuni de hidroagregate, iar cele 14 centrale de pe cascada Argeș numai trei tipodimensiuni. Cascada Olt, între Dăiești și Slatina, cuprinzînd 11 centrale, folosește o singură tipodimensiune de turbină Kaplan, adaptarea la diferite căderi făcîndu-se prin modificarea turației, ceea ce a necesitat numai reproiectarea generatorului.

Intensificarea continuă a ritmului de construcție de CHE se reflectă în creșterea continuă a numărului de lucrări hidrotehnice realizate pe baza proiectelor elaborate de ISPH. Astfel, s-au construit :

— în decenalul 1951—1960 : 3 baraje, 16 km galerii, 15,5 km canale ;
— în perioada 1961—1970 : 23 baraje, 49,5 km galerii, 73 km canale ;
— în etapa 1971—1980 : 31 baraje, 268 km galerii, 39 km canale.

Lucrătorii din ISPH au căutat continuu să aplice recomandările și direcțiile de acțiune date de secretarul general al P.C.R., tovarășul Nicolae Ceaușescu, cu ocazia vizitelor de lucru pe șantiere sau la întîlnirile cu personalul din proiectare și cercetare, pentru proiectarea unor obiective cu caracteristici tehnico-funcționale superioare, cît și pentru realizarea de obiective cu costuri cît mai reduse și consumuri diminuate de materiale deficitare și din import.

Fiecare recomandare de acest fel a găsit un larg ecou în activitatea practică a colectivelor noastre de proiectare, a generat inițiative importante susținute de într. gul nostru colectiv de muncă. Exemplele pe care le prezentăm sînt de natură să ilustreze aceste preocupări și efectele lor :

— optimizarea clasei de dimensionare la disipatoarele de energie, în sensul diminuării acesteia față de cea a barajelor deversoare (de exemplu barajele Zăvideni și Drăgășani pe Olt) ;

— executarea prizelor pentru captări secundare în cazul amplasamentelor cu roca de bază situată la o adîncime mai mare de 3 m, prin fundarea construcției pe aluviuni, cu pinten de etanșare (CHE Tismana) ;

— experimentarea execuției derivațiilor și a fundațiilor masive la centrale cu ciment și adaos de cenușă de termocentrale (galeria de fugă Nedeiu — Sebeș și Centrala Turnu—Olt) ;

— reducerea suprafeței construite a sălii mașinilor cu circa 10% la centralele amplasate în zona de cîmpie ;

— reducerea consumului de materiale la șapte centrale în curs de execuție pe Olt, prin reducerea volumelor construite, revizuirea ipotezelor de calcul, micșorarea dozajelor de ciment etc., obținîndu-se economii de circa 38% la beton, 55% la oțel, 21% la ciment, 51% la cofraje ;

— adoptarea formei circulare la clădirile centralelor supraterane cu adîncime mare de fundare și presiuni mari ale apei de infiltrații la centralele Motru, Clăbucet, Lerești ;

— renunțarea la suprastructura clădirii centralei și la podul rulant permanent la unele amenajări de importanță redusă (Florești II și Cibin).

O preocupare permanentă a institutului a constituit-o utilizarea de metode moderne de dimensionare și proiectare, printre care menționăm :

— calculul pe mediul elastic și metoda elementului finit spațial la dimensionarea barajelor în arc ;

— calculul de dimensionare a galeriilor de aducțiune ținînd seama și de conlucrarea dintre cămășuială și rocă ;

— automatizarea calculelor hidraulice pentru determinarea parametrilor hidraulici în cazul centralelor fluviale în cascadă ;

— prelucrarea automată a datelor privind urmărirea comportării construcțiilor, precum și reducerea importurilor prin asimilarea fabricării în țară a unor AMC ;

— utilizarea echipamentelor de prelucrare a datelor la stabilirea și optimizarea programului de exploatare a lacurilor de acumulare și a centralelor electrice.

De asemenea s-au promovat prin proiecte soluții și tehnologii noi de execuție în domeniul construcțiilor hidrotehnice, cum sînt :

— etanșări de profunzime cu gel-beton, amestecul materialului executîndu-se direct în tranșee, ceea ce conduce la creșterea productivității muncii cu circa 20% ;

— realizarea injecțiilor de consolidare și legătură prin foraje roto-percutante, avînd ca efect creșterea productivității cu 20% și reducerea costurilor cu 10%.

Progresele realizate în concepția schemelor de amenajare prin concentrarea potențialului în amenajări de parametri ridicați și dezvoltarea fără precedent a industriei constructoare de mașini din țara noastră au creat premisele necesare pentru ca în concepția de echipare a hidrocentralelor să se utilizeze agregate de parametri record pe plan mondial, pentru toată gama de tipuri de turbine utilizate. Acesta este cazul agregatelor de la Turnu Măgurele, Porțile de Fier I, Rîul Mare-Retezat și Lotru, echipate cu hidroagregate de tip bulb, Kaplan, Francis și Pelton, care la data instalării sau, respectiv, a proiectării lor dețineau recordul fie ca putere, fie ca dimensiune, fie la ambii parametri.

Creșterea puterii unitare a agregatelor, și prin urmare reducerea numărului de agregate instalate, a permis să se realizeze pe ansamblul centralei, iar în cazul centralelor de tip fluvial, pe ansamblul nodului principal, însemnate reduceri de costuri și de volume de lucrări în condițiile asigurării unor randamente ridicate ale agregatelor.

Utilizarea agregatelor de tip Francis pentru căderi tot mai mari, înlocuind astfel agregatele Pelton de turație mai redusă și gabarite mai mari, a constituit de asemenea o preocupare constantă, avînd drept consecință reducerea volumelor construite și a greutății echipamentelor. Limita atinsă în prezent, de aproape 600 m, de agregatele Francis ale centralei Retezat este apropiată de nivelul atins pe plan mondial (674 m).

Și în domeniul echipării cu organe de închidere a barajelor și ecluzelor, progresele au fost remarcabile. Generalizarea utilizării stavilelor-segment simple sau combinate cu clapetă pentru descărcătoarele de suprafață, a vanelor plane în carcasă pentru descărcătoarele de adîncime și a porților plane și buscate pentru ecluze, și utilizarea mecanismelor hidraulice în cazul sarcinilor de ridicare mari pentru acționarea acestora constituie principalele căi de reducere a consumurilor materiale în condiții de fiabilitate sporită.

Mai puțin spectaculoase, dar la fel de importante prin consecințele lor, sînt și progresele realizate în dispoziția generală a echipamentelor, care au condus la scăderea continuă a volumelor construite, precum și în concepția instalațiilor din centrale referitoare la alimentarea cu apă de răcire, ulei și aer comprimat, a instalațiilor de epuismente, precum și a celor de ridicat și transportat.

Dezvoltarea capacității pentru activitatea de studii de teren — solicitată de creșterea necesarului de informații preliminare stabilirii schemelor de amenajare și dimensionării uvra-

jelor energetice — a avut în primul deceniu de activitate a institutului un caracter extensiv, pentru aceste lucrări punîndu-se prima dată în țară problema constituirii unor colective specializate în probleme total diferite de cele specifice investigațiilor pentru construcții civile și industriale sau pentru drumuri și poduri.

Colectivele astfel constituite, în strînsă colaborare cu colectivele de proiectare, au reușit prin specializare și autodotare să adîncească și să diversifice tehniciile specifice de investigație, au contribuit la fundamentarea documentațiilor de proiectare pentru obiective hidro și termoenergetice cu date cu caracter geotehnic caracteristice terenurilor de fundare.

Perioada ultimului deceniu a cunoscut introducerea și extinderea metodelor de investigare geofizice (microseismică) pentru studiul amplasamentelor barajelor și altor construcții masive, precum și pentru urmărirea comportării acestora în exploatare.

În activitatea de geodezie s-au introdus metode de măsurare cu aparatură electronică de mare precizie și s-a generalizat calculul și compensarea rețelelor de triangulație cu sisteme de prelucrare automată a datelor.

Dezvoltarea continuă a posibilităților industriei naționale a permis îmbunătățirea dotării cu sondeze, motocompresoare, grupuri electrogene, cu efecte substanțiale în creșterea randamentului echipelor de teren și implicit în scurtarea timpului necesar analizei fiecărei variante de schemă de amenajare sau de amplasare a uvrajelor.

Specializarea echipelor și eforturile de autodotare au permis generalizarea încercărilor geotehnice „in situ" pentru determinarea coeficienților geotehnici caracteristici atît pentru rocile stîncoase, cît și pentru terenuri slab coezive.

În prezent compartimentele de studii de teren ale institutului dispun de capacitatea tehnică necesară abordării, în țară și peste hotare, a celor mai complexe lucrări energetice, cum ar fi cele nucleare, centralele hidroelectrice amplasate pe fluviul Dunărea sau în cadrul unor amenajări complexe, de mare cădere, cu centrale și rețele de derivații subterane, centrale termoelectrice cu condiții speciale de fundare, linii de transport de înaltă tensiune și altele.

În perioada următoare înființării ISPE a apărut necesară pentru institut dezvoltarea studiilor de laboratoare de materiale de construcție și modele hidraulice. Aceasta a făcut ca între anii 1952 și 1954 să ia ființă două laboratoare care să efectueze încercări pe betoane, cimenturi și, respectiv, pe modele hidraulice.

Toate marile amenajări hidroenergetice (Bicaz, Bistrița-aval, Argeș-Vidraru, Argeș-aval, Porțile de Fier, Olt etc.) au beneficiat și de programe de studii în cadrul cărora s-au soluționat probleme privind alegerea carierelor de agregate, a calității cimentului și apei pentru betoane. În afara lucrărilor care intră în rutina laboratoarelor de materiale de construcții, s-au studiat și probleme noi, cum ar fi studiul termicității betoanelor, folosirea materialelor inerte și înlocuitori ai cimentului, ca cenușa și zgura, și studiul unor materiale noi care să înlocuiască materialele pentru etanșări și protecție tradiționale sau din import. Printre acestea din urmă se numără realizarea vopselelor pe bază de rășini epoxidice și profilelor PVC pentru etanșarea rosturilor.

În cadrul activității laboratorului de materiale de construcții s-a dezvoltat și studiul stării de eforturi și deformații în structuri de baraje și centrale. Această activitate s-a bazat pe o metodologie absolut originală de încercare pe modele fizice sau de folosire a modelelor matematice întocmite pe cele mai noi metode de calcul (element finit).

În cadrul laboratorului de hidraulică, principalele uvraje proiectate în ISPH au fost încercate pe model, incluzînd principalele tipuri de descărcătoare de la baraje (frontale, laterale și pîlnie), disipatoare de energie la baraje de joasă cădere, prize cu nivel liber și subpresiune, goliri de fund, prize tiroleze, ecluze etc. Studiile hidraulice au urmărit să asigure funcționarea corectă a uvrajelor și în unele cazuri reducerea volumelor de lucrări.

În ceea ce privește activitatea de export, în institut a existat și există o preocupare continuă pentru extinderea ei și ridicarea pe trepte superioare de valorificare a potențialului institutului.

În ofertele depuse în ultimii trei ani, o pondere importantă s-a acordat acțiunilor la care cea mai mare parte a activității urma să se desfășoare în institut. Astfel, dacă în 1971 planul de

export se realiza în proporţie de 100% prin acţiuni de asistenţă tehnică, în 1978 peste 50% din plan s-a realizat prin acţiuni la care activitatea s-a desfăşurat în cea mai mare parte în institut.

Dintre contractele încheiate în aceşti ultimi trei ani se pot remarca :

— proiectul barajului şi centralei Catalan din Turcia (barajul cu $H = 80$ m, centrala cu $P_i = 150$ MW);

— proiectul barajului Noubaran din Iran, $H = 55$ m;

— proiectul barajului şi centralei Finkîklî din Turcia, $H = 40$ m, $P_i = 600$ MW.

Sinteza realizărilor ISPH în cei 30 de ani de activitate confirmă că institutul dispune de un colectiv închegat şi competent, capabil să rezolve numeroasele, variatele şi dificilele probleme pe care le pune intensificarea continuă a ritmului de construcţie a CHE în viitorii ani.

Realizările ISPH se datoresc în primul rînd condiţiilor create şi directivelor trasate de conducerea de partid şi de stat, indicaţiilor preţioase ale Secretarului general al P.C.R., tovarăşul Nicolae Ceauşescu, preşedintele R.S. România.

Succesele obţinute se datoresc de asemenea colaborării continue cu întreprinderile de construcţii şi montaj ale M.E.E., precum şi cu industria de echipament energetic, care au realizat proiectele elaborate de noi.

În orientarea justă a căilor de urmat un sprijin valoros l-am primit din partea M.E.E., a Consiliului Naţional al Apelor şi a organelor de sinteză şi directivare.

De asemenea trebuie să menţionăm ajutorul şi operativitatea numeroaselor institute de proiectare şi organizaţii de construcţie ale altor ministere, şi în special a M.T.Tc., M.E.F.M.C. şi M.A.I.A.

În viitor, pentru realizarea sarcinilor mari ce ne revin, vom folosi toate capacităţile noastre de muncă şi de creaţie, astfel încît noile obiective hidroenergetice să ilustreze, prin concepţia şi parametrii lor, înalta înţelegere a comandamentelor epocii noastre.

Conservarea energiei, cerință imperativă de mare actualitate

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**,
cercetător principal I la ICEMENERG
și director general al Institutului central
de cercetări energetice

În prezent se poate spune că, pe plan politic și la scară mondială, problemele energiei ocupă locul al doilea după problema asigurării păcii în lume. Deși acest lucru nu este o noutate, subliniază odată mai mult necesitatea făuririi unei politici naționale coerente în cadrul energiei, proces în a cărui plină desfășurare ne aflăm.

Pentru evaluarea corectă a deciziilor de luat în domeniul energetic, este necesară o largă examinare a efectelor interne și internaționale ale producției și consumului surselor de energie primară, precum și a modurilor de producere, transport și conversie a diverselor forme de energie, surse incontestabile de pierderi și risipă a acestui produs extrem de important.

Această analiză, în linii mari încheiată pe plan internațional și intern, arată că pentru posibilitățile tehnice și economice ale momentului, politica de conservare a energiei este singura cale de ieșire din impasul energetic al prezentului.

Conservarea energiei are, așa cum se știe, două aspecte distincte: economia de energie propriu-zisă și introducerea de noi surse de energie în circuitul economic, astfel ca hidrocarburile să fie păstrate doar pentru activitățile care astăzi și în perspectiva apropiată nu se pot dispensa de acestea.

La această situație limită s-a ajuns prin creșterea extrem de ridicată a consumului de energie, datorită dezvoltării economice a tuturor țărilor lumii.

Consumul total de energie primară a atins în 1977 uriașa cifră de 9 miliarde t c.c. În viitor această creștere va fi și mai accentuată, astfel că în jurul anului 2010 cifra de mai sus practic se va tripla.

Creșterea consumului de energie a avut și va avea loc deopotrivă în țările dezvoltate și în țările în curs de dezvoltare. Ritmurile cele mai mari, plafonate numai de posibilitățile de achiziție a combustibililor și de realizare a investițiilor legate de valorificarea resurselor energetice, au fost înregistrate în ultimele decenii în țările socialiste și în cele în curs de dezvoltare.

România s-a înscris între țările lumii cu cele mai ridicate ritmuri de dezvoltare energetică.

Această situație este explicabilă, ținînd seama că efortul de industrializare și modernizare a unei economii naționale reclamă importante consumuri suplimentare de energie, atît pentru producția bunurilor materiale cît și pentru realizarea investițiilor. Consumurile cele mai mari de energie sînt legate tocmai de formarea ramurilor de bază ale economiei. Nu trebuie neglijat faptul că dezvoltarea și modernizarea agriculturii presupun, de asemenea, consumuri tot mai sporite de energie, iar circulația produselor și transporturilor au, în mod firesc, o pondere tot mai mare într-o economie aflată în progres.

Într-o evaluare recentă a Comisiei de conservare din cadrul Conferinței Mondiale a Energiei, publicată la sfîrșitul anului 1978 sub titlul „Energia în lume în perspectiva anului 2020", sînt consemnate disponibilitățile de energie primară în perioada 1972—2020, precum și evoluția consumului de energie în diferite ipoteze de dezvoltare economică a lumii.

Disponibilitățile de resurse și posibilitățile de producere a energiei sînt evaluate atît în ceea ce privește sursele epuizabile (cărbune, hidrocarburi, uraniu, thoriu și energie geotermică), cît și cele neepuizabile (energie solară, biomasă, hidroenergie).

S-a ținut seamă de: rezerve, posibilitățile tehnologice de extracție, investițiile necesare și necesarul de forță de muncă pentru fiecare tip de resursă în parte.

Consumul probabil de energie pe plan mondial a fost evaluat în două ipoteze de creștere economică [1], respectiv o creștere rapidă (4,1%) și una mai lentă (3,0%) a produsului mondial brut, la care se aplică scăderea previzibilă a consumului specific de energie pe unitatea de produs mondial brut, ca urmare a măsurilor de conservare.

Potențialul de conservare a energiei, definit ca posibilitate de reducere a consumului de energie față de evoluția „normală", fără măsuri de conservare, este stabilit ținînd seama de posibilitățile oferite de perfecționarea tehnologiilor de înlocuire a unor combustibili prețioși cu alții, de presiunile induse de creșterea prețurilor și de schimbările previzibile în stilul de viață la nivel planetar.

I. Producția de resurse energetice primare

Revenind la producția mondială estimată de resurse energetice primare, aceasta evoluează conform datelor înscrise în tabelul 1.

Cărbunele și energia nucleară vor deveni principalele surse energetice — împreună peste 55% — în anul 2020. Producția de *hidrocarburi* va atinge o valoare maximă înainte de anul 2000, după care scăderea va fi parțial compensată de *hidrocarburi neconvenționale* (sintetice, provenite din cărbune și biomasă, din șisturi bituminoase, din zăcăminte situate în regiunile polare etc.).

Energia produsă în prezent din resurse inepuizabile (*hidroenergie* și *biomasă*) este de ordinul a *15%* din total. Producția de *resurse hidroenergetice* va continua să crească în valoare

Tabelul 1

Producția mondială posibilă de resurse energetice primare, în milioane t c.c.

Resursa	1972	1985	2000	2020
Cărbune	2 240	3 910	5 780	8 810
Petrol	3 910	7 340	6 630	3 600
Gaze	1 560	2 600	4 860	4 250
Nucleară	70	780	2 990	10 670
Hidroenergie	470	800	1 150	1 910
Petrol și gaze neconvenționale	0	0	110	1 360
Resurse care se reînnoiesc : solară, geotermică, biomasă	880	1 120	1 900	3 400
Total	9 130	16 550	23 450	34 000

absolută, dar se va stabiliza ca pondere la circa *5%* pînă în anul 2020. *Energia solară* și din *biomasă* va crește considerabil în valoare absolută, nedepășind însă *10%* din total. Procesele de conversie și utilizare a acestor surse inepuizabile se vor modifica radical. În loc de arderea lemnelor și a deșeurilor animaliere și de folosirea simplei încălziri cu energie solară a locuințelor, se va utiliza transformarea biomasei în combustibili sintetici și îngrășăminte și se va trece la mari centrale solaroelectrice și sisteme întinse de încălzire solară. *Resursele geotermice*, deși epuizabile, sînt virtualmente nelimitate; ele vor putea acoperi *2—3%* din nevoile mondiale în anul 2020.

Pentru utilizarea resurselor epuizabile, care continuă să fie majoritare, se ridică o serie de restricții de infrastructură, mijloace și forțe de muncă, care trebuie învinse, pentru a se asigura obiectivele de producție de la începutul secolului viitor. Tehnologiile de exploatare geologică, minerit și transport existente vor trebui ameliorate pentru a face față cererilor sporite de cărbune, petrol, gaze, uraniu și thoriu.

Producția de energie din resurse inepuizabile sau practic nelimitate (solară, geotermică și fuziune termonucleară) este în măsură hotărîtoare dependentă de eforturile pe care guvernele sînt dispuse să le depună pentru cercetare și dezvoltare. După ce se ajunge la faza de tehnologii verificate și omologate, vor fi necesare fonduri și forțe de muncă importante pentru a face sistemele de conversie economic rentabile și apte de introducere masivă pe piețele naționale și internaționale. Toate aceste faze necesită perioade lungi de timp, din care cauză deciziile pentru acționarea pe bază de programe pentru cercetarea și valorificarea surselor energetic noi inepuizabile trebuie luate fără întîrziere.

II. Consumul de resurse energetice primare

Estimarea producției posibile de resurse energetice primare trebuie corelată cu *prognoza consumului total al acestor resurse.* O astfel de prognoză reprezintă o sarcină deosebit de complexă și dificilă, pe care Comisia de conservare a atacat-o pe mai multe căi.

Întrucît perioada de viață a instalațiilor energetice este în medie de 30—40 ani, ceea ce conferă o *inerție* considerabilă la reînnoiri sectorului energetic, prezintă interes pentru început o *extrapolare directă a evoluției trecute*, așa cum se arată în tabelul 2.

Tabelul 2

Evoluția consumului mondial de resurse energetice primare bazată pe prelungirea diferitelor perioade istorice

Perioada istorică	Ritmul anual de creștere a consumului mondial de energie primară în perioada considerată, %	Consumul mondial de resurse energetice primare în anul 2020, prin extrapolare în perioada 1975—2020, milioane t c.c.
1860—1975	2,0	23 800
1925—1975	3,3	44 500
1933—1975	4,1	65 000
1960—1975	4,3	71 800

După cum se vede, rezultatul extrapolării directe este foarte sensibil la perioada istorică de referință și extrapolarea nu poate constitui o metodă demnă de încredere, în primul rînd deoarece în prezent se produce o veritabilă revoluție energetică, avînd la bază conservarea energiei. Cu toate acestea, tabelul 2 arată că o dezvoltare energetică viitoare cu un ritm anual de creștere de numai 2% (extrapolarea perioadei 1860—1975) ar conduce la o creștere totală a consumului mondial la *sub 24 miliarde t c.c.*, capabilă să acopere doar creșterea populației, menținînd aproape neschimbat consumul actual pe locuitor, care nu ar permite, în regiuni întinse ale globului, existența unui standard de viață decent. Pe de altă parte, presupunerea unei evoluții neschimbate în continuare, cu ritmul anual de creștere de *4,3%* realizat în perioada ultimilor *15 ani*, ar conduce la un consum total de resurse energetice în anul 2020 de *peste 70 miliarde t c.c.*, ceea ce depășește, în mod absolut nerealist, cele mai optimiste prognoze privind producția posibilă de resurse energetice primare. *Tehnica extrapolării* poate deci, totuși, servi pentru stabilirea unor evoluții-limită, *delimitînd zona în afara căreia evoluția probabilă nu va putea ieși.*

Calea principală folosită pentru estimarea evoluției probabile a consumului de resurse energetice primare a fost cea a *previziunii unor măsuri cît mai eficiente de conservare a energiei*, conducînd la un model care să lege

consumul de resurse energetice primare de *creşterea economică*, pe de o parte, şi de *preţul relativ al energiei*, pe de alta, prin *ecuaţii econometrice*. Aceste ecuaţii folosesc *indicii de elasticitate*, categorii economice definite ca *rapoarte între ritmurile de creştere ale venitului (naţional sau mondial) brut, respectiv preţului relativ al resurselor energetice primare, şi ritmul de creştere a consumului de energie primară*. La folosirea modelului au fost făcute diferite presupuneri cu privire la creşterea economică în diversele zone ale globului, precum şi la evoluţia preţurilor mondiale.

Din cercetările efectuate la cererea comisiei a rezultat că *indicele de elasticitate faţă de venit* a fost în ultimii ani de numai *0,8* în ţările occidentale cu industrie dezvoltată (OECD), faţă de *1,3* în medie în *ţările în curs de dezvoltare*. Această deosebire însemnată la aceşti indici arată că, pe măsura dezvoltării economice, indicii de elasticitate descresc în mod „natural", chiar fără programe de conservare a energiei.

Pe baza celor arătate mai sus, precum şi a altor rezultate ale studiilor şi cercetărilor întreprinse, a fost elaborat *scenariul de evoluţie a consumului de resurse energetice primare*, adoptat de comisie, care este redat în tabelul 3 şi figura 1.

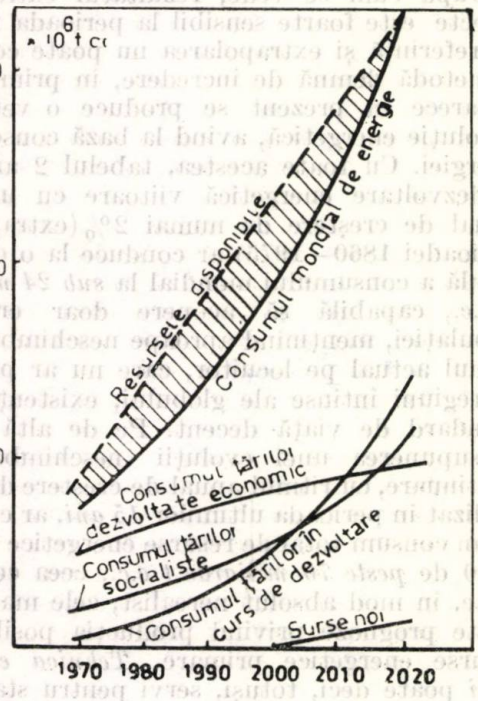


Fig. 1

Repartiţia consumului mondial pe cele trei zone geopolitice luate în considerare va marca mutaţii profunde ca pondere (arătate în paranteză la cele două capete ale intervalului — 1972 şi 2020 — tabelul 3).

Tabelul 3

Consumul mondial de resurse energetice primare*), în milioane t c.c.

Anul	Ţări occidentale industrial dezvoltate (OECD)	Ţări socialiste	Ţări în curs de dezvoltare	Total
1972	5 100 (62 %)	2 250 (27 %)	920 (11 %)	8 270
1980	6 050	2 920	1 530	10 500
1990	7 200	4 080	2 920	14 200
2000	8 250	5 680	5 170	19 100
2010	8 900	7 900	8 600	25 400
2020	9 450 (28 %)	11 050 (32 %)	13 500 (40 %)	34 000

*) Resurse comercializate

III. Conservarea energiei

Scopul urmărit prin conservarea energiei este realizarea dezvoltării economice şi sociale a popoarelor cu un spor minim al consumului total de energie.

Conservarea energiei comportă trei direcţii principale de acţiune :

— „a consuma *mai puţin*", prin schimbări în structura consumului ;

— „a consuma *mai eficient*", prin îmbunătăţiri tehnologice şi ale randamentelor de conversie ;

— „a consuma *altceva*", prin substituirea, în locul unor resurse energetice preţioase epuizabile, a unor resurse noi, inepuizabile, sau de calitate inferioară.

Cele trei direcţii arătate nu se exclud reciproc, ele pot fi urmărite concomitent. Măsurile de conservare a energiei trebuie să fie realizabile tehnic, justificabile economic şi acceptabile ecologic.

Din cercetările întreprinse la cererea Comisiei de conservare a energiei a rezultat că *circa 30% din consumul total mondial de energie*, care ar fi necesar în anul 2020, în ipoteza păstrării neschimbate a raportului actual între consumul mondial anual de resurse energetice primare şi venitul mondial anual brut, *ar putea fi economisit* prin îmbunătăţiri tehnologice şi ale randamentelor de conversie şi utilizare, deci prin „*consum mai eficient*".

Măsuri de conservare din categoria arătată mai sus pot fi aplicate în toate sectoarele de consum ale economiei mondiale : industrie, transporturi, agricultură, casnic, producerea energiei electrice etc.

Totodată cercetările indică un potenţial de conservare suplimentar la nivel mondial, de circa 17%, ca urmare a unor transformări structurale, în principal în ţările cu economie dezvoltată, ca urmare a reducerii în programele de fabricaţie ale ramurilor energointensive, saturarea în mijloace de transport auto, raţionalizarea necesarului de căldură pentru încăl-

zirea spațiilor de locuit etc., adică prin „*a consuma mai puțin*".

Evoluția potențialului mondial de conservare total pînă în anul 2020 și a celor două componente ale sale este arătată în figura 2.

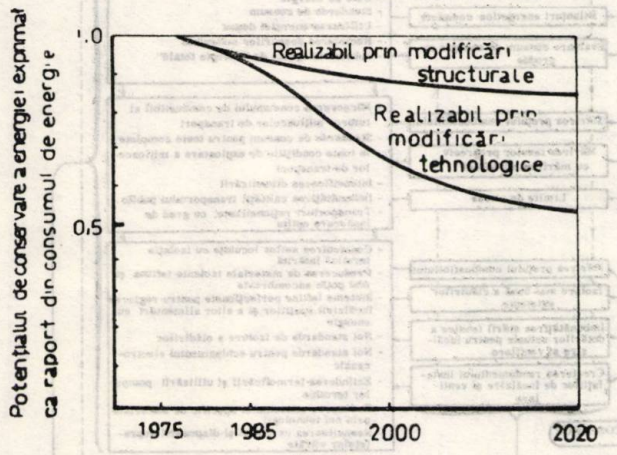


Fig. 2

După cum se poate vedea, deși progrese au fost obținute și în trecut, există în perspectivă posibilități foarte importante de conservare a energiei, valorificabile încă progresiv în timp.

Una dintre cele mai eficace direcții de acțiune pentru conservarea energiei, recomandată de comisie și intens practicată în țara noastră, este aplicarea pe scară tot mai largă a *termoficării*. Din lucrările comisiei se estimează că, în anul 1975, 7% din producția mondială de energie electrică, adică 430 miliarde kWh, a fost produsă în termoficare, și anume 1/3 din aceasta în termoficare urbană și 2/3 în termoficare industrială. Țările în care termoficarea era dezvoltată în măsură importantă erau țările socialiste din Europa, membre ale CAER, țările scandinave și R. F. Germania.

Potențialul estimat pentru extinderea termoficării, bazat pe nevoile mondiale de căldură pentru procese industriale și încălzitul spațiilor de locuit la nivelul anului 1975, se ridică la *3000* miliarde kWh/an, corespunzînd la aproape jumătate din consumul mondial de energie electrică. *Economia de resurse energetice primare* realizabilă prin valorificarea acestui potențial de termoficare se apreciază la aproape 500 milioane t c.c./an, corespunzînd la circa 6% din întregul consum mondial de resurse energetice primare din anul 1975.

Un număr important de măsuri de conservare a energiei sînt aplicabile practic imediat. Printre acestea, cele mai numeroase sînt cele cu caracter de gospodărire a energiei.

Alte măsuri, condiționate de introducerea progresului tehnic, ca urmare a aplicării unor programe de modernizare, sînt aplicabile doar într-o perspectivă apropiată.

În fine, în categoria măsurilor aplicabile doar într-o perspectivă mai îndelungată se numără cele care se bazează pe substituirea unor noi resurse energetice, neconvenționale, și a unor noi sisteme și tehnologii de utilizare a energiei. Tot în această categorie intră, în general, măsurile de îmbunătățire a structurii economice și sociale.

În urma analizei elementelor constitutive ale politicii de conservare [3], ICEMENERG a propus un model de înțelegere a acesteia, asemănător unui sistem de reglare automată a activității economice și sociale (fig. 3).

Se observă că, în conformitate cu această analogie, foarte utilă pentru lucru, politica de conservare a energiei constituie în condițiile de astăzi regulatorul activității economice, fiind influențată de mărimea resurselor de energie ale țării și de reacția sistemului la măsurile de conservare impuse.

Din aceeași figură se observă că măsurile imediate de conservare a energiei au fost în general luate în România — măsurile pe termen mediu și lung, mult mai eficiente ca economii de energie, propriu-zis, fiind de-abia în curs, la fel ca și programele de introducere a surselor noi sau de substituire a hidrocarburilor prin energia hidraulică, cărbune sau energia nucleară.

În ceea ce privește activitatea ICEMENERG în studiul coeficientului de elasticitate, aceasta a început din toamna anului trecut, împreună cu Institutul politehnic București și Institutul de economie industrială, trecînd în prezent de la faza unei analize statistice cantitative la raționamente privind evoluția lui posibilă, cu indicații asupra politicii economice și energetice prezente și de perspectivă [2].

Studiul coeficientului de elasticitate este parte integrantă din politica de conservare a unei țări, acesta evidențiind, între altele, metode și mijloace de reducere a consumului specific de energie pe produs, de micșorare a consumului de energie în general.

Obiectivul principal al studiului îl constituie evidențierea acelor valori subunitare pe care va trebui să le ia coeficientul de elasticitate pentru România, încît evoluția valorilor în timp ale acestuia, continuu și uniform descrescătoare, să se înscrie sub valorile medii mondiale la un anumit moment.

Este interesant de menționat în acest context că în ultimii patru ani, ca urmare a aplicării susținute a măsurilor de conservare a consumului de energie, coeficientul de elasticitate s-a redus de la 1,3 (media anilor 1952—1972) la 0,75 — 0,8 și este în continuă scădere.

Rezultă din cele expuse pînă acum că numai printr-o concentrare a tuturor eforturilor în

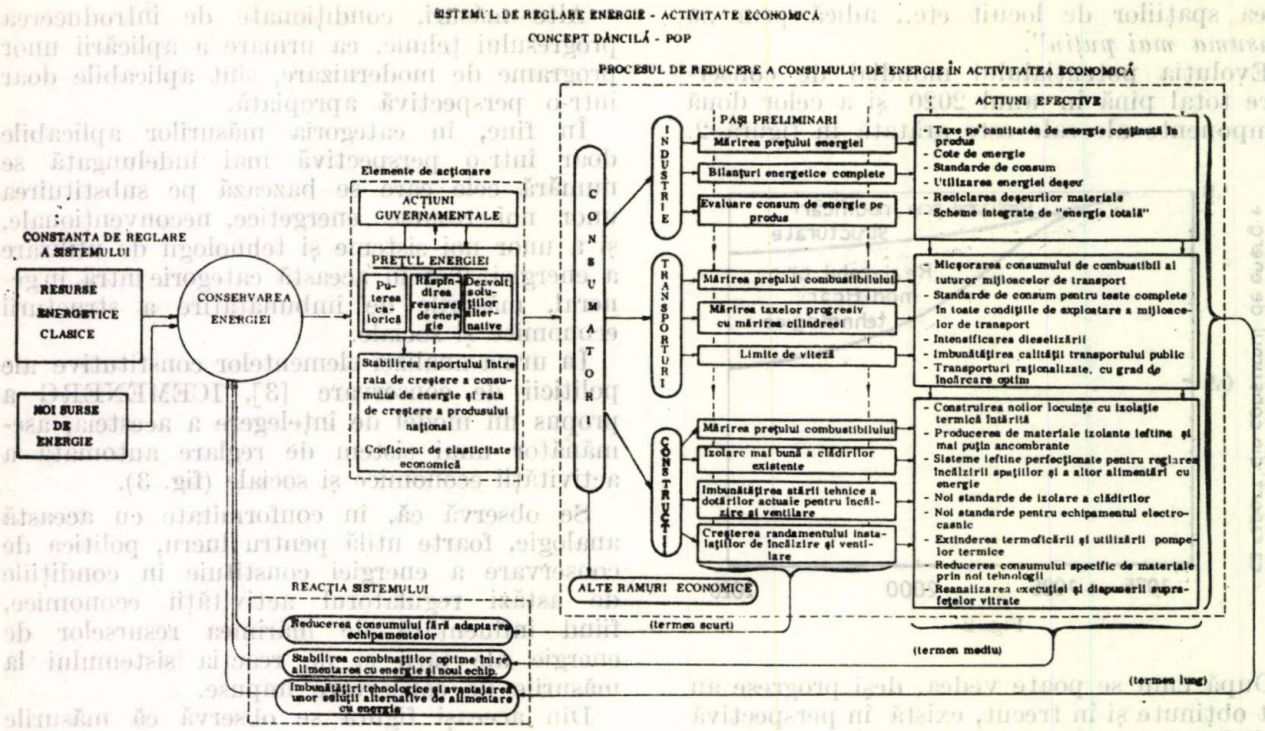


Fig. 3

vederea conservării prețioaselor resurse energetice clasice, concomitent cu o dirijare judicioasă a cercetărilor în domeniul surselor noi de energie, se va putea găsi echilibrul economic raportat la potențialul de resurse umane și financiare al țării noastre, corespunzător unei dezvoltări economice și sociale armonioase.

Orizontul energetic al omenirii nu este lipsit de nori, dar, cu înțelepciune și hotărire, vom putea să asigurăm energia de care avem nevoie pentru progresul lumii în general și al țării noastre în particular.

Bibliografie

[1] * * * *Perspectives énergétiques mondiales à l'horizon 2020.* Rapport de la Commission de Préservation de la Conférence Mondiale de l'Energie. Editions Techniques et Economiques, Paris, 1979.

[2] Mihăileanu, C., Iancu A., Pop, M., Alexe Fl. și Răgălie, St., *Dinamica raportului între ritmul de dezvoltare economică și socială și consumul de energie în România.* Raport în pregătire pentru cea de-a XI-a Conferință Mondială a Energiei, München, sept. 1980.

[3] Mihăileanu, C. *Energy Conservation in Romania.* Comunicare prezentată la ședința Comisiei de Conservare a Energiei a CME — București, 19—20 iulie 1979.

Unele probleme energetice de perspectivă*)

Prof. dr. doc. **Dorin Pavel****)

Cu ocazia sărbătoririi celor trei decenii de activitate a institutelor ISPE și ISPH s-au evidențiat rezultatele la care s-a ajuns în construcția centralelor termoelectrice și a celor electrice de termoficare, în crearea sistemului electroenergetic de transport și distribuție a energiei electrice, împinzind întreg teritoriul țării, precum și în realizarea numeroaselor amenajări hidroenergetice. Datorită colaborării Ministerului Energiei Electrice cu Consiliul Național al Apelor, aceste amenajări au caracterul folosințelor hidraulice complexe, servind în mod armonios necesitățile energetice, alimentările cu ape industriale și urbane, irigațiile, asanările, navigația și alte activități conexe.

Obiectivele hidroenergetice complexe de pe Bistrița, Argeș, Lotru, Olt, Someș, Sebeș, Dunăre ș.a., apreciate în țară și străinătate, realizate cu mari sacrificii de către specialiști români entuziaști, reprezintă valorificarea unui sfert al potențialului hidroenergetic. În consecință, în următoarele cincinale trebuie realizat următorul program de amenajare, de trei ori mai amplu, al valorificării întregului potențial hidroenergetic, de 40 TWh/an. Acest program complex, adoptat de forurile superioare, va impune, pentru realizarea lui, mobilizarea tuturor specialiștilor și investiții foarte mari.

Criza mondială a resurselor energetice, care a dus recent la scumpirea de peste șase ori a prețului produselor petroliere, față de cele practicate constant pe plan mondial înainte de 1973, constituie în prezent o problemă greu de rezolvat în mai toate țările.

În cele ce urmează se formulează unele probleme legate de actualul orizont energetic mondial, fără a le epuiza.

Caracterizarea perspectivei energeticii românești

În prezent, circa două treimi din consumul electroenergetic este acoperit de centrale termoelectrice și de termoficare și circa o treime de amenajările hidraulice complexe.

Pe combustibili gazoși, lichizi și solizi, epuizabili și la noi ca pretutindeni, nu se mai poate conta în perspectiva viitorului decît în mică măsură. Din totalul resurselor hidraulice existente se poate valorifica restul de 30 TWh/an după cum urmează: 20 TWh/an pe rîurile interioare și 10 TWh/an pe Dunărea inferioară. Din aceste amenajări, două treimi vor produce energie de bază, asemănătoare celor produse în centralele termoelectrice mari și în centralele electrice de termoficare existente. Aceste energii, produse în regim de bază, nu satisfac în prezent vîrfurile consumului zilnic de energie electrică, iar ulterior, prin instalarea cu precădere a centralelor nuclearoelectrice în sistemul energetic național, problema acoperirii vîrfurilor de sarcină va deveni și mai acută.

Din cei 30 TWh/an hidroenergetici noi, 10 TWh vor satisface vîrfurile graficului de sarcină (ca Stejaru, Cetățuia, Lotru I, Sebeș, Gîlceag și Șugag, Retezat ș.a. existente), ceea ce nu este suficient.

Apreciind că, după anul 2000, consumul de energie electrică va ajunge la 200 TWh/an, energia de vîrf ar necesita cota de 30 TWh/an. Actualele și următorul lot de centrale de vîrf pe rîuri interioare nu pot depăși împreună 15 TWh/an, mai fiind necesare alte 15 TWh/an de vîrf, care pot fi asigurate de transformatoarele hidroenergetice (THE) cu putere de vîrf de 1000 MW.

Probleme ale amenajărilor THE

THE înmagazinează energie în lacuri prin pompare, pe care le-am numit, încă din 1930, transformatoare, deoarece consumă la primar energie electrică de bază, transformînd-o la secundar în energie de vîrf (prețioasă). Cele două faze de funcționare ale THE sînt: pomparea și turbinarea, cu acumularea intermediară a apei. THE cu circuit închis constau din: centrale cu agregate servind pompării și turbinării, cu conducta (galerie forțată) cu debit reversibil, cu rezervorul inferior (R_i) și superior (R_s). În faza întîi se pompează volumul V_1 (m³/zi) cu H_b — înălțimea între R_i și R_s consumînd energia $e_1 = 0{,}002725\ V_1 H_b/\eta_1$, iar în faza a doua se turbinează V_1 plus ΔV cules de R_s de pe versanți și afluenți și producînd energia de vîrf $e_2 = 0{,}002725\ (V_1 + \Delta V) H_b \eta_2$ (kWh/zi).

Raportul $\frac{e_2}{e_1} = \left(1 + \frac{\Delta V}{V_1}\right)\eta$ depinde de randamentul global $\eta = \eta_1\eta_2 = \eta_m\eta_p\eta_{h1}\eta_{h2}\eta_t\eta_g \lesssim 0{,}75$ (realizat la THE Vianden — $P_2 = 966$ MW, la Loch Sloy — $P_2 = 1200$ MW și la Cornwall — $P_2 = 1800$ MW, precum și la alte THE).

Energia pierdută

$$\Delta e = e_1 - e_2 = e_1\left[1 - \left(1 + \frac{\Delta V}{V_1}\right)\eta\right]$$

este compensată de înnobilarea energiei de bază în cea de vîrf.

*) Deși nu a fost prezentat la Sesiunea de comunicări ISPE—ISPH, redacția revistei publică acest articol în cadrul numărului de față, dedicat acestei sesiuni, întrucît problemele tratate, de mare actualitate pentru energetica noastră, se înscriu în tematica și dezbaterile sesiunii.

**) La sfîrșitul revistei este prezentată personalitatea și activitatea regretatului prof. dr. doc. Dorin Pavel.

THE devine autoportant, adică nu pierde energie, $\Delta e = 0$, cînd

$$\Delta V = V_1\left(\frac{1}{\eta} - 1\right) = V_1\left(\frac{1}{0{,}75} - 1\right) = V_1/3.$$

Dacă prin proiectare se realizează $\Delta V > V_1/3$, THE devine producător de energie. Energiile anuale sînt $E_1 = 365\ \varepsilon_1 e_1$ și $E_2 = 365\ \varepsilon_2 e_2$ kWh/an (în anii bisecți cu 366 zile/an), iar ε sînt coeficienți de funcționare incompletă.

THE cu circuit închis sînt criticate pentru faptul că pierd energie, ceea ce se poate combate prin calculul precedent. Pe glob sînt instalate THE cu circuit închis totalizînd 25 000 MW, dintre care 43 centrale cu $P_2 > 100$ MW/centrală, totalizînd circa 8000 MW. În sistemul nostru energetic nu avem THE cu circuit închis.

Transformatorul cu circuit deschis se compune la primar dintr-o stație care pompează V_1 din rîul 1 spre lacul amonte al centralei hidroelectrice 2, care evacuează $V_1 + \Delta V$ pe rîul 2 (deci apele nu se mai reîntorc spre rîul 1; de aici denumirea de circuit deschis).

La noi funcționează de cîțiva ani THE cu circuit deschis, între Timiș-Trei Ape și Bîrzava, la care V_1 al Timișului se pompează cu $H_1 = 190$ m peste muntele Prislop, de unde $V_1 + \Delta V = V_1 + 2V_1$ cade cu $H_2 = H_1 + \Delta H = 750$ m, prin centralele existente pe Bîrzava (Crăinicel, Bîrzava, Grebla). Deci

$$\frac{e_2}{e_1} = \left(1 + \frac{\Delta V}{V_1}\right)\left(1 + \frac{\Delta H}{H_{b1}}\right)\eta = (1+2)\cdot\left(1 + \frac{750-190}{190}\right)0{,}75 = 8{,}87$$

arată că e_2 produs zilnic este de 8,87 ori mai mare decît e_1 al pompării.

De cîțiva ani Uzinele Reșița realizează prin acest THE nu numai energie electrică aproape gratuit, dar și apă derivată din Timiș spre Reșița, iarăși gratuit.

Trei asemenea THE cu circuit deschis sînt instalate în sistemul Lotru, la: Jidoaia, Șteflea și Petrimanu, cu $P_2 = 53$ MW, avînd efect economic analog celui de la Reșița.

Pe Sebeș, între Oașa și Gîlceag, este instalat THE cu circuit deschis cu $P_2 = 20$ MW, similar celor precedente, avînd pomparea cu $H_{b1} = 1255 - 1020 = 235$ și turbinarea cu $H_2 = 983$ m în centralele Gîlceag, Șugag, Săsciori, Petrești, la care energia produsă $E_2 \sim 5\ E_1$ (pompată).

Avînd în vedere economicitatea excepțională a THE de ambele tipuri de circuite, autorul acestui articol a propus de mulți ani să se instaleze cîteva sute de centrale cu $E_2 = 15\,000$ MW. Astfel, în lucrarea „Plan général d'aménagement", publicată în 1933, se propune instalarea de THE la Sf. Ana—Tușnad, la Moldova Veche—Nera și alte trei THE pe afluenții din stînga ai Dunării, în sectorul din preajma Cazanelor, propuneri care vor putea fi luate în considerare în perspectiva viitorului.

Valorificarea energiilor neconvenționale

Și în țările cu rezerve de combustibil relativ mari există preocupări în legătură cu scăderea necontenită a rezervelor combustibililor în perspectiva noului secol, iar țările industrial-economic dezvoltate fac ample cercetări pentru valorificarea energiei solare, a celei geotermice, eoliene și a altor resurse secundare.

La noi în țară se desfășoară în prezent un amplu program de cercetare vizînd valorificarea surselor noi de energie, cu precădere a celei solare, eoliene, geotermice și a valurilor.

Au fost obținute realizări notabile în prepararea apei calde menajere din energie solară, economică pe aproape întreaga suprafață a țării, dar în special în sudul ei, unde insolația depășește 2000 ore/an, în uscarea grînelor, a lemnului și a produselor ceramice.

În ceea ce privește potențialul energiei geotermice, acesta este supus unor reevaluări continue. Se așteaptă ca în anul 1980 instalațiile pe care le avem astăzi în funcțiune sau în curs de execuție să producă circa 175—200 Gcal/h, ceea ce ar conduce la o economie de combustibil evaluată la circa 150 000 t c.c./an.

Energia valurilor va putea de asemenea constitui o sursă energetică, energia potențială a acestora pe litoralul românesc al Mării Negre fiind de ordinul a 2 TWh/an.

Energia vîntului poate fi considerată o sursă importantă de energie în condițiile pedoclimatice ale țării, evaluată la circa 2,3 TWh/an.

Probleme eolian-electrice

În atmosferă, între sol și 11 km ai limitei inferioare a stratosferei, se produc vînturi nepermanente, rafale și furtuni, care reprezintă la noi o energie considerabilă. Intensitatea vînturilor, v (m/s), variază cu timpul t, cu altitudinea A (mdM), locul geografic (xy) și cu unii factori locali.

Statistica eoliană arată că deasupra terenurilor uniforme viteza medie la sol v_0 este modestă, dar crește cu altitudinea la $v > v_0$ aproximativ după o funcție parabolică neregulată.

Forțele F (kgf), puterile N (kW) și energiile eoliene E (kWh) depind, pe lîngă v^3, de diametrul aeroturbinei, D^2, și de raportul densităților $\rho_A/\rho_0 = \gamma_A/\gamma_0 < 1$. Indicele A arată mărimile la altitudinea A (mdM), iar 0 — la sol; de exemplu pe Vîrful Omu, la 2560 mdM, $\rho_A/\rho_0 = 0{,}77$.

O caracteristică importantă din punct de vedere energetic a vînturilor zilnice și viteze medii lunare este faptul că dimineața și seara v crește, iar noaptea scade (cum arată figura 1*a*, din

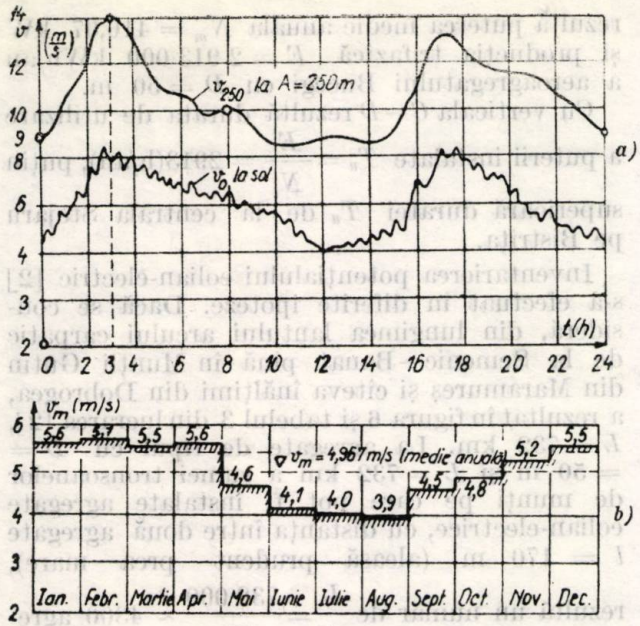


Fig. 1

a — viteze instantanee pe litoralul Mării Negre, la altitudinea $A = 250$ m și la viteze v_0 la sol; *b* — viteze medii lunare în Bucegi.

înregistrările făcute pe litoralul Mării Negre, care seamănă surprinzător cu curba de sarcină a consumului energiei electrice); vitezele medii lunare $v_m = f$ (lunile anului) variază (cum arată figura 1*b*, din înregistrările la stația meteorologică de pe Vîrful Omu, în Bucegi). În lunile ianuarie-aprilie și noiembrie-decembrie, v_m sînt maxime, iar vara — între mai și octombrie, v_m scad, iarăși perfect asemănător cu curba de sarcină anuală a centralelor electrice.

În consecință, cu toată nepermanența vînturilor, energia eoliană variază mult mai favorabil decît cea hidroelectrică în scopul utilizării ca sursă electroenergetică [1].

În tabelul 1 sînt calculate mărimile importante: v (m/s) și N (kW) la aeroturbina cu

Tabelul 1

Mărimi eoliene funcție de viteza vîntului, v (m/s)

v(m/s)	v^3(m/s)^3	N (kW)	t % asigurat
4	64	14,83	72,0
5	125	29,00	65,0
6	216	50,10	59,0
7	343	79,58	54,5
8	512	118,78	50,0
9	729	169,23	46,0
10	1 000	232,00	42,0
11	1 331	308,79	37,0
12	1 728	400,90	32,0
13	2 197	509,76	28,5
14	2 744	636,61	25,0
15	3 375	783,00	22,5
16	4 096	950,57	20,0
17	4 913	1 139,82	12,0

$D = 50$ m, ambele în funcție de timpul de funcționare asigurat, în %, față de cele 8760 ore ale anului.

Schema aeroagregatului din figura 2 transformă energia vîntului v (m/s) amonte de

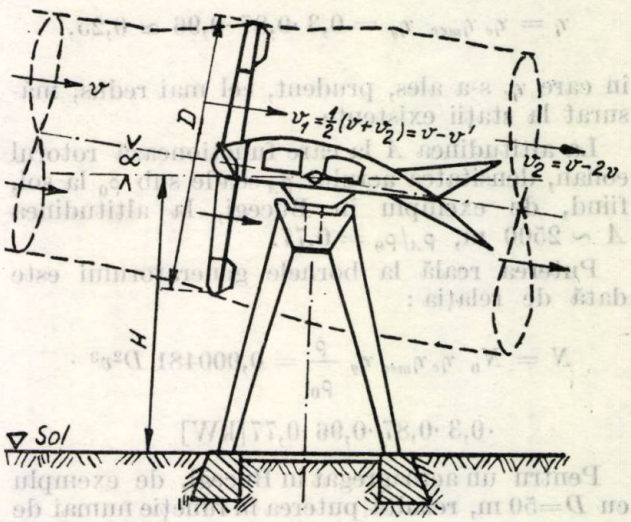


Fig. 2. Schema unui motor eolian cu trasarea cîmpului vitezelor.

rotor în energia mecanică a rotorului. În ava de rotor viteza scade la $v_2 = v - 2v'$, iar între palele rotorului circulă axial $v_1 = v - v' = \frac{v + v_2}{2}$. Diametrul rotorului ales, $D =$ $= 50$ m, cu $N_i = 1000$ kW, la viteza instalată $v_i = 16{,}26$ (m/s). Componenta v' a fost stabilită de A. Betz — Göttingen, ducînd la randamentul eolian η_e. Energia cinetică naturală înainte de rotor este $E_c = \frac{mv^2}{2}$, iar la arborele rotorului:

$$E_t = \frac{m}{2}(v^2 - v_2^2) = \rho \frac{\pi}{4} D^2 v_1 \left[\frac{v^2 - (v-2v')^2}{2}\right].$$

Masa aerului care traversează rotorul este, cu $\rho_0 = \frac{\gamma_0}{g} = 0{,}125$ la sol:

$$m = \rho_0 \frac{\pi}{4} D^2 v_1 = \rho_0 \frac{\pi}{4} D^2 (v - 2v') \cdot$$

$$\cdot \frac{v^2 - (v-2v')^2}{2} \text{ [kgf s/m}^2\text{]}$$

Puterea aerului înainte de rotor, la sol (indice 0), este dată de relația:

$$P_0 = \frac{\rho_0}{2} \frac{\pi}{4} D^2 v^3 \text{[kgf m/s]}, \text{ sau } N = \frac{P_0}{102} \text{ [kW]},$$

$$N_0 = \frac{1}{102} \cdot \frac{0{,}125}{2} \frac{\pi}{4} D^2 v^3 = 0{,}000482\, D^2 v^3 \text{ [kW]},$$

la sol.

Transformarea în puterea rotorului se face cu randamentul eolian $\eta_e = 0{,}2 \ldots 0{,}4$, cu $\eta_{mec} \sim 0{,}87$ al rotorului și $\eta_g = 0{,}96$ al generatorului electric. Randamentul global rezultă de:

$$\eta = \eta_e \eta_{mec} \eta_g = 0{,}3 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}96 \simeq 0{,}25,$$

în care η_e s-a ales, prudent, cel mai redus, măsurat la stații existente.

La altitudinea A la care funcționează rotorul eolian, densitatea aerului ρ_A scade sub ρ_0 la sol, fiind, de exemplu în Bucegi, la altitudinea $A \sim 2500$ m, $\rho_A/\rho_0 = 0{,}77$.

Puterea reală la bornele generatorului este dată de relația:

$$N = N_0 \eta_e \eta_{mec} \eta_g \frac{\rho}{\rho_0} = 0{,}000481 D^2 v^3 \cdot$$

$$\cdot 0{,}3 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}77 \text{[kW]}$$

Pentru un aeroagregat în Bucegi, de exemplu cu $D = 50$ m, rezultă puterea în funcție numai de v^3, și anume: $N = 0{,}232\ v^3$ [kW] la bornele generatorului.

La viteza instalată $v_i = 16{,}26$ [m/s] rezultă puterea instalată $N_i = 0{,}232 \cdot (16{,}26)^3 \simeq 1\,000$ [kW].

Analizînd timpul de asigurare a vitezelor, au rezultat curbele din figura 3: $t^{(h)}_{asig} = f(v)$ și $t^{(h)}_{asig} = F(N^{(kW)})$, din care prin orizontala $A-B$ rezultă puterea medie anuală $N_m = 416{,}07$ kW și producția trifazică $E = 2\,913\,000$ kWh/an a aeroagregatului Bucegi cu $D = 50$ m.

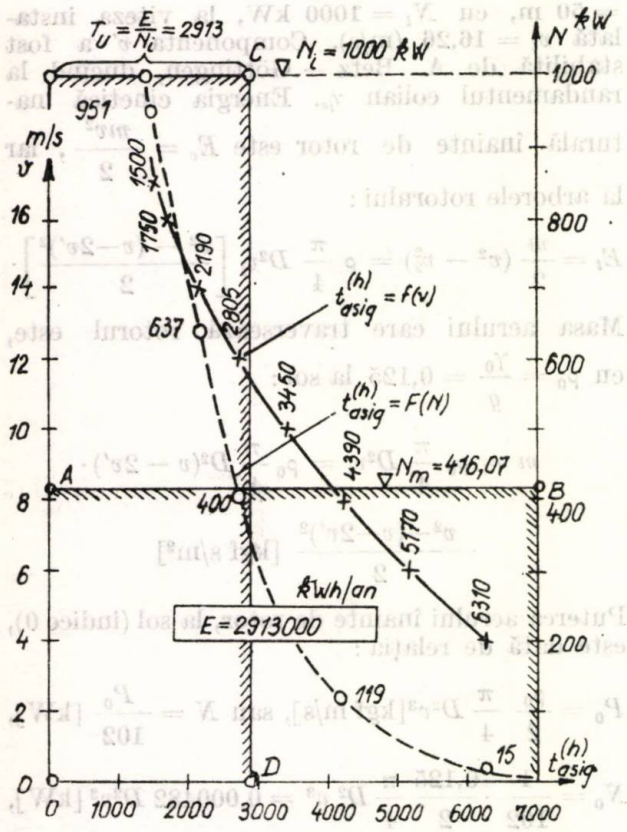


Fig. 3. Vitezele vîntului (v) și puterile asigurate.

Cu verticala $C-D$ rezultă durata de utilizare a puterii instalate $T_u = \frac{E}{N_i} = 2913$(h/an), puțin superioară duratei T_u de la centrala Stejaru pe Bistrița.

Inventarierea potențialului eolian-electric [2] s-a efectuat în diferite ipoteze. Dacă se consideră, din lungimea lanțului arcului carpatic de la Semenic—Banat pînă în Munții Gutin din Maramureș și cîteva înălțimi din Dobrogea, a rezultat în figura 6 și tabelul 3 din lucrarea [2], $L = 732$ km. La agregate de tipul cu $D = 50$ m și $L = 732$ km a sumei tronsoanelor de munți pe care pot fi instalate agregate eolian-electrice, cu distanța între două agregate $l = 170$ m (aleasă prudent prea mare), rezultă un număr de $\frac{L}{l} = \frac{732\,000}{170} \sim 4300$ agregate de tipul figurii 2. Ținînd seama de cele 33 sectoare de munți cu viteze eoliene mari, a rezultat $\Sigma E \sim 12$ TWh/an la aeroturbine simple cu $D = 50$ m, respectiv 26 TWh/an la cele cu confuzoare.

O soluție mixtă poate fi producerea energiilor $E_1\ E_2\ E_3$:

$E_1 = 6$ TWh/an în 2000 aeroagregate simple, cu rotor și generator (fig. 2);

$E_2 = 6$ TWh/an în 500 agregate cu confuzoare, de exemplu de tipul figurii 5 din lucrarea [2];

$E_3 = 8$ TWh/an cu agregate eoliene combinate cu THE locale, compuse din cîte zece aeroagregate de pe un masiv cu un singur THE cu puterea $P_i = 10\,000$ kW. Acestea vor produce energie de vîrf, asigurată 100%, cu investiție dublă față de aeroagregatele simple.

În acest fel, potențialul eolian-electric pe țară devine $\Sigma E = E_1 + E_2 + E_3 = 20$ TWh (jumătate din potențialul hidroenergetic), din care 60% este energie pulsatorie nepermanentă și 40% energie permanentă asigurată la vîrfurile consumului de energie electrică.

Unele estimări ale autorului au arătat că investițiile sînt de același ordin de mărime ca amenajările hidroenergetice pe rîuri interioare.

*

O aplicație termotehnică interesantă s-a făcut în anii '30, la inițiativa Uzinelor Sulzer, prin instalarea primelor pompe de căldură mari. Răcind debitele rîurilor și apele lacurilor cu cîteva grade, s-a produs abur de temperaturi și presiuni joase, care au permis funcționarea unor cicluri de pompă termică pentru încălzirea unor cartiere de locuințe.

În cazul țării noastre, viitoarele 1400 lacuri de acumulare, cu 30 miliarde m³ capacitate, ca și rîurile interioare vor permite, prin utilizarea pompelor termice, recuperarea a sute de milioane de Gcal, utile încălzitului.

Procesul pompei termice folosește în medie circa 20% din totalul energiei utile pentru antrenarea compresoarelor cu care sînt echipate instalațiile de pompă termică.

Este, desigur, un argument important, ca, simultan cu experimentarea energiei solare, să perfecționăm aplicarea pompei termice, combinate cu centralele hidroelectrice. Pe vremuri, cînd aveam combustibil din belșug, pompele de căldură nu erau economice, termenul de recuperare a investiției în acestea fiind nepermis de mare. Astăzi situația s-a schimbat radical, în urma creșterii prețului combustibilului.

Mai sînt și alte moduri de a obține căldură și energie electrică, de exemplu prin stații de epurare a apelor uzate ale canalizărilor, în care digestorii produc gaz metan și procesul duce la recuperarea de uleiuri și grăsimi utile fabricării săpunului. Crematoriile gunoaielor pot produce și ele încălzirea unor cartiere ale orașelor mari.

Toate aceste probleme de perspectivă pe care le pune dispariția resurselor termice constituie în prezent preocupări tehnico-științifice în multe țări industrial dezvoltate și care trebuie să se dezvolte în continuare și în țara noastră.

Bibliografie

[1] Stoenescu, M. *Clima Bucegilor*, Editura tehnică, București, 1951.

[2] Pavel Dorin. *Energia eoliană*. În: Hidrotehnica nr. 5, 1974.

SECȚIA I — ENERGETICĂ GENERALĂ

Forme noi de energie considerate ca utilizabile în R. S. România în etapa următoare

Dr. ing. N. Armeneoiu,
Ing. D. Rențea,
Ing. D. Cojocaru
— ISPE —

Numeroase studii energetice, elaborate cu orizonturi de timp eșalonate pînă în anii 2000—2020, cu toate că diferă între ele în aprecierea structurilor și ritmurilor de dezvoltare, ajung totuși la unele concluzii generale comune, care, succint, sînt:

— resursele mondiale de energie primară constituie o bază suficientă pentru satisfacerea cererilor viitoare de energie ale omenirii, dacă sînt corespunzător dezvoltate și judicios utilizate. Aceasta implică însă eforturi deosebite pentru extinderea rezervelor de combustibili fosili și nucleari, dezvoltarea din vreme a surselor noi neconvenționale de energie și o intensă acțiune de conservare a energiei printr-un consum rațional și cu randamente ridicate;

— în ceea ce privește raționalizarea consumului, se consideră necesar și posibil a se adopta un stil de viață și de muncă, care, la un consum specific mai redus de energie, să permită totuși dezvoltarea economică și socială a popoarelor fără a prejudicia nivelul de viață și productivitatea muncii;

— în aceste condiții, cererea mondială de energie în anul 2020 ar atinge de 3—4 ori nivelul actual.

Calitatea comună a surselor neconvenționale de energie este caracterul lor inepuizabil, în sensul că se reînnoiesc continuu. Aceasta este complet valabil pentru energia solară, energia eoliană, energia mareelor, a valurilor, a curenților marini și cea care se poate obține prin diferența de temperatură între straturile adînci și de suprafață în oceanele calde. Energia geotermică este în parte epuizabilă, dar se reînnoiește în mare măsură în cazul căldurii de la mari adîncimi. O poziție aparte o are biomasa, adică energia ce se poate obține din vegetație sub efectul energiei solare. Prin plantații speciale care cresc foarte repede — terestre sau alge marine — s-ar putea organiza o producție importantă pentru forme secundare de energie în viitor, ca de exemplu metanolul. În fine, o importanță deosebită poate reveni reciclării deșeurilor animale prin transformarea lor în biogaz și îngrășăminte superioare.

Pentru condițiile țării noastre, sursele neconvenționale de energie care pot aduce un aport semnificativ la acoperirea unei părți din necesitățile de energie primară sînt energia solară, energia eoliană, energia geotermică și biogazul.

În cele ce urmează se face o prezentare a situației pe plan mondial și a posibilităților de aplicare în țara noastră a acestor noi forme de energii.

1. Energia solară

Energia solară totală interceptată de pămînt într-un an este de $1{,}56 \cdot 10^8$ kWh, fiind de circa 167 000 ori mai mare decît cea care se consumă.

Presupunînd că este repartizată uniform pe suprafața pămîntului, energia medie anuală pe m^2 este de circa 3068 kWh/an.

Din această energie incidentă 30% este retransmisă în afara spațiului terestru, prin reflexie, difuzie și refracție, 47% este absorbită de atmosferă, suprafața pămîntului și oceanelor, 23% este implicată în calculul hidrologic, iar 0,02% este absorbită de clorofila plantelor verzi.

Energia solară poate fi valorificată în scopuri energetice direct sau indirect.

Valorificarea directă

Pe plan mondial, preocupările în acest domeniu se dezvoltă în următoarele direcții:

— conversia termodinamică a energiei solare în energie electrică cu ajutorul unor instalații cu captori cu focar, generator de abur și turbină cu abur. Instalațiile cu captori cu focar concentrează energia solară cu ajutorul unor oglinzi parabolice, dar prezintă inconvenientul că ele trebuie să urmărească drumul soarelui, ceea ce obligă la o aparatură cu mecanisme complicate și costisitoare. În prezent este în funcțiune o instalație de 64 kW la Odeillo (Franța), fiind în fază de proiectare centrale de 800 și 1000 kW;

— conversia directă a energiei solare în energie electrică pe cale fotovoltaică. Dificultățile utilizării în prezent pe scară largă a acestora sînt legate de costul prea ridicat (10 000 — 20 000 $/kWi) și suprafețele mari ce ar trebui afectate (100 km^2 pentru 2000 MW). Se apreciază că pentru a putea deveni competitive, costul celulelor fotovoltaice va trebui să scadă de circa 50 ori față de cel actual, aceasta fiind de așteptat în jurul anului 1990;

— încălzirea și răcirea solară a clădirilor. Utilizarea practică cea mai apropiată ca posibilitate de realizare o reprezintă sistemele solare de încălzire, răcire și alimentare cu apă caldă (fig. 1). La prețul actual de 220 $/$m^2$ de colector solar, încălzirea solară devine competitivă cu sistemul electric de încălzire a locuințelor, iar la valori de circa 150$/$m^2$ aceasta va putea concura cu succes sistemele de încălzire funcționînd pe hidrocarburi.

Pentru condițiile din țara noastră, energia solară poate aduce un aport important la rezolvarea problemelor legate de alimentarea cu energie a consumatorilor.

În România timpul de însorire mediu este de circa 2100 ore/an și cu o valoare medie anuală a radiației solare globale de 1400 kWh/m², valori mai ridicate (2200—2400 h/an și 1450 — 1650 kWh/m².an) fiind în zona de sud-est a țării (fig. 2).

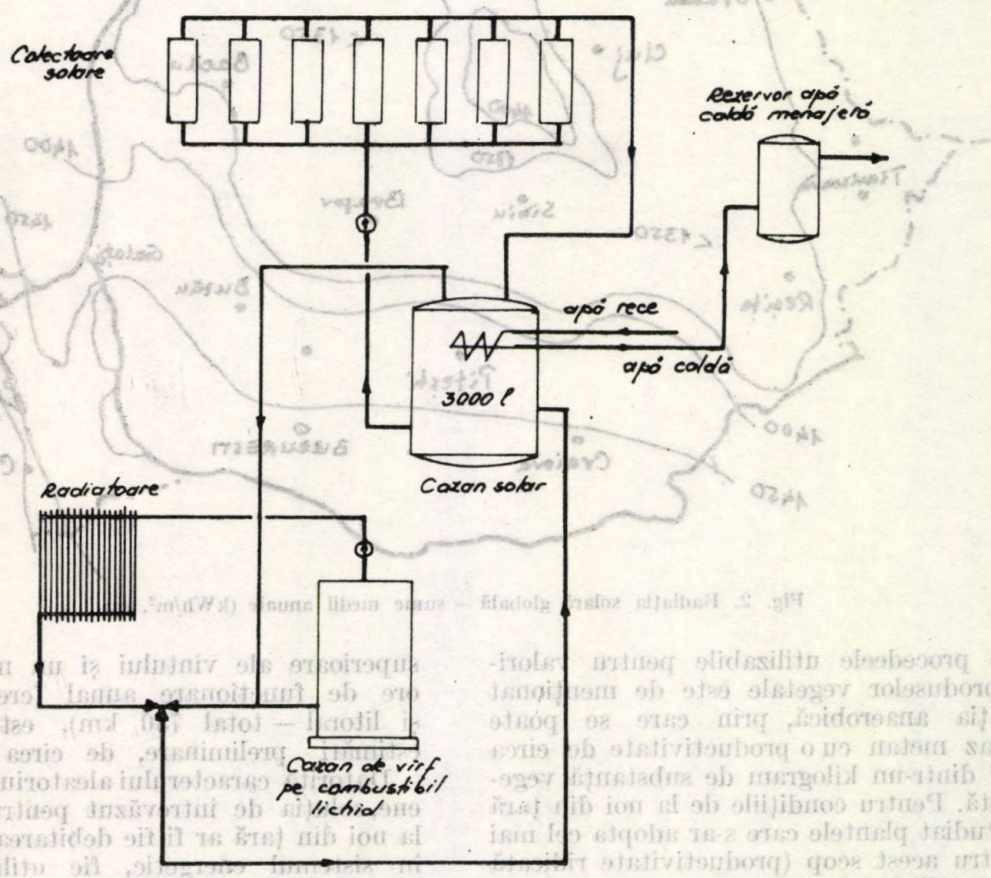


Fig. 1. Schema unei instalații de încălzire solară cu acoperirea vîrfului cu un cazan funcționînd pe combustibil lichid.

Preocupările pentru utilizarea energiei solare la noi în țară s-au dezvoltat în două direcții:

— pentru producerea energiei electrice, fiind în construcție o centrală electrică experimentală realizată de ICEMENERG, cu o putere instalată de 30 kW, care va fi pusă în funcțiune în 1980. Centrala utilizează ca fluid de lucru freonul;

— pentru producerea de apă caldă pentru încălzire și scopuri menajere sau de aer cald pentru uscătorii. Pînă în prezent s-au realizat de către INCREST două tipuri de case (la Cîmpina) la care încălzirea și necesarul de căldură pentru scopuri menajere este acoperit în proporție de 50—70% cu ajutorul energiei solare. Acțiunea este în curs de generalizare, prevăzîndu-se ca pînă în 1980 să se asigure la peste 3000 apartamente prepararea apei calde menajere cu ajutorul energiei solare.

De asemenea s-au realizat uscătorii de cărămizi și de cherestea folosind energia solară, agentul de uscare fiind aerul cald încălzit în panouri captatoare. Astfel instalația SOLAR—2 de la CPL —Pitești are 40 panouri de 8 m² fiecare, asigurînd uscarea a 30 m³ cherestea de rășinoase în timp de zece zile. În prezent sînt în fază de proiectare sau realizare încă zece asemenea instalații.

În ISPE există în prezent preocupări în ce privește folosirea energiei solare, care constau în următoarele:

— în cadrul studiilor de alimentare cu căldură a orașelor mici se are în vedere participarea energiei solare la acoperirea unei părți din necesitățile de căldură;

— pentru industriile cu suprafețe mari de hală, producerea cu ajutorul energiei solare a apei calde sanitare.

Domeniul de aplicare va fi desigur extins, pe măsura obținerii de rezultate.

Valorificarea indirectă

Indirect sînt valorificabile pentru producerea de energie produsele fotosintezei, constînd din produsele vegetale și din deșeurile organice.

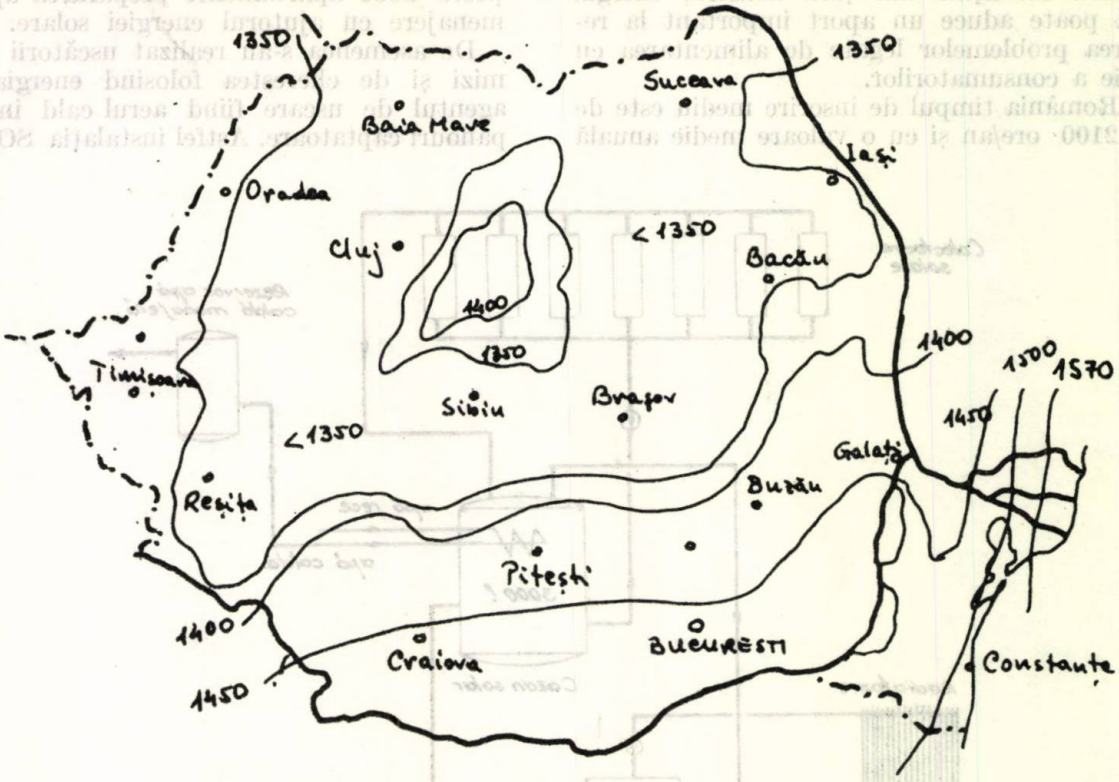


Fig. 2. Radiația solară globală — sume medii anuale (kWh/m². an).

Dintre procedeele utilizabile pentru valorificarea produselor vegetale este de menționat fermentația anaerobică, prin care se poate obține gaz metan cu o productivitate de circa 0,314 m³ dintr-un kilogram de substanță vegetală uscată. Pentru condițiile de la noi din țară sînt de studiat plantele care s-ar adopta cel mai bine pentru acest scop (productivitate ridicată la hectar), utilizînd în special terenuri improprii pentru agricultură (zone mlăștinoase, terenuri erodate etc.).

2. Energia eoliană

Utilizarea optimă a energiei eoliene depinde de regularitatea vînturilor și de condițiile în care acest potențial poate fi utilizat.

Se estimează pe plan mondial că costul actual al energiei eoliene ar fi între 1,4 c/kWh și 3,6 c/kWh (de circa 2 ori mai mare decît kWh în CTE).

În prezent există în funcțiune în S.U.A. o turbină experimentală de 100 kW la o viteză a vîntului de 8 m/s. În Suedia sînt în fază de construcție centrale de 6 kW și 50 kW. Utilizarea energiei eoliene prin agregate de putere mică (10 kW) în așezări rurale izolate prezintă un interes general în țările în curs de dezvoltare.

La noi în țară, potențialul eolian economic amenajabil, considerînd amplasarea instalațiilor eoliene în locuri beneficiind de viteze superioare ale vîntului și un număr mare de ore de funcționare anual (crestele munților și litoral — total 730 km), este, după unele estimări preliminare, de circa 5,8 TWh/an.

Datorită caracterului aleatoriu al energiei eoliene, soluția de întrevăzut pentru condițiile de la noi din țară ar fi fie debitarea energiei direct în sistemul energetic, fie utilizarea acesteia pentru pomparea apei (în bazine de acumulare, pentru irigații etc.).

Întrucît pînă în prezent la noi în țară nu au fost realizate practic instalații eoliene, considerăm că abordarea folosirii energiei eoliene poate fi începută imediat, în primul rînd prin depistarea amplasamentelor convenabile și efectuarea de măsurători continue de viteze, temperaturi și umidități, pînă la altitudinile corespunzătoare grupurilor eoliene. Pe baza rezultatelor măsurătorilor (efectuate pe parcursul a cîțiva ani) se vor putea întocmi proiecte de execuție tipizată pentru cîteva mărimi de grupuri, încercate pe model și omologate.

Dintre tipurile de aerogeneratoare studiate și încercate pînă în prezent, cele mai bune rezultate le-au dat mașinile cu ax orizontal, avînd elice cu două pînă la patru pale. Un rezultat bun s-a obținut în Franța, unde a fost construit și experimentat, în perioada 1959—1964, un aerogenerator de 1000 kW, echipat cu o elice cu trei pale din aliaj ușor, funcționînd la 47 rot/min și care, prin intermediul unui reductor, antrena la 1000 rot/min un generator electric

sincron debitînd în rețea. Acest aerogenerator a atins un randament de 85% de convertire a energiei eoliene în energie electrică.

Probabil, datorită costurilor ridicate ale aerogeneratoarelor și prețului scăzut al țițeiului din acea perioadă, realizarea acestui tip de instalații nu a fost extinsă.

După criza energetică, preocupările în acest domeniu au fost reluate și intensificate.

3. Energia geotermică

Folosirea căldurii din scoarța pămîntului este posibilă prin aplicarea unor tehnologii existente sau pe cale a fi puse la punct în scurt timp. Pe plan mondial, exploatarea energiei geotermice urmărește în prezent:

— producerea energiei electrice folosindu-se zăcăminte cu apă la temperaturi peste 130°C. Puterea instalată în 1975 a fost de circa 1300 MW, preliminîndu-se să se ajungă la circa 2500 MW în 1980. Realizări notabile sînt în S.U.A. (500 MW), Italia (420 MW), Noua Zeelandă (330 MW);

— producerea de energie electrică utilizînd căldura rocilor fierbinți de adîncime (2000—3000 m), prin forarea unor puțuri prin care se introduce apă și se scoate abur (metodă experimentată în prezent în S.U.A). Se consideră că această soluție dirijată dă posibilitatea obținerii unei puteri mai mari în centralele geotermice;

— extragerea de substanțe chimice din zăcămintele geotermice;

— utilizarea energiei geotermice în procese de uscare în legumicultură, horticultură, purificarea sulfului etc.;

— încălzirea geotermică a clădirilor sau pentru prepararea apei calde menajere, încălzirea serelor, a fermelor de animale etc. (fig. 3).

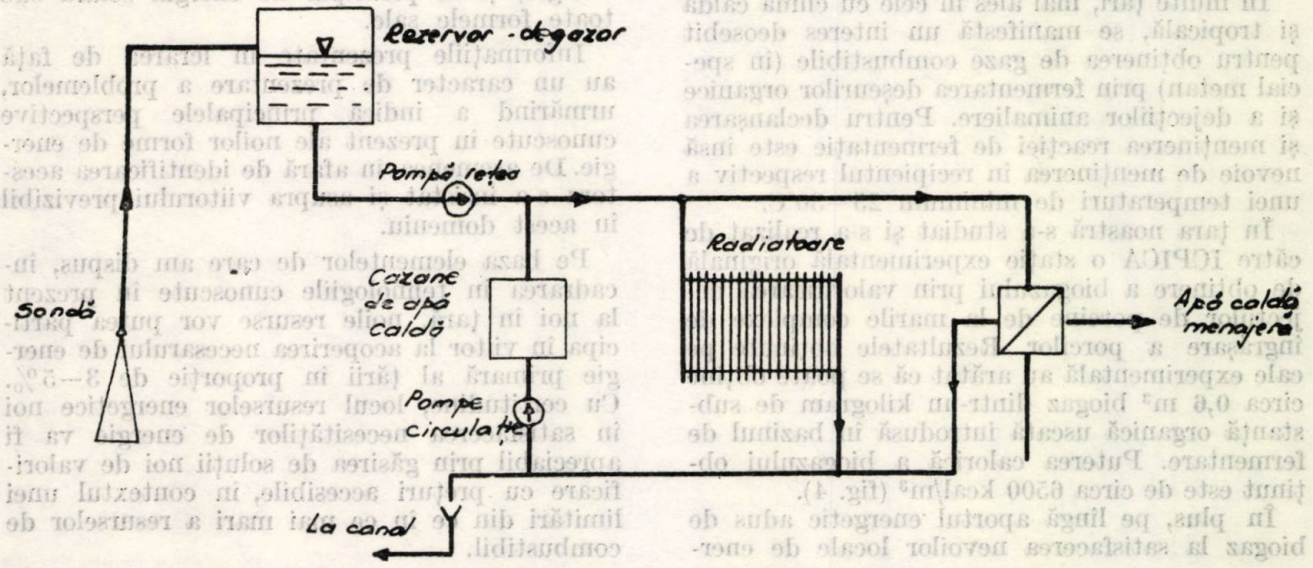


Fig. 3. Schema de principiu a instalațiilor de prepare și distribuție a apei calde termale.

Preocupări mai deosebite în ce privește folosirea energiei geotermice pentru încălzit se întîlnesc în Franța, unde există un program pentru încălzirea a 9000 apartamente și pentru alimentarea unor sere, în R.P. Ungară pentru încălzirea locuințelor și în mod deosebit pentru fermele agrozootennice și sere.

La noi în țară, potențialul geotermal permite, în condițiile tehnicilor actuale, o folosire limitată la acoperirea nevoilor de încălzire datorită temperaturii nu prea ridicate a resurselor termale (40—90°C).

După datele obținute pînă în prezent, dintre zonele cu disponibilități hidro-geotermale cunoscute, cele mai promițătoare sînt din zona Crișana — Banat, zonă aflată în prelungirea Cîmpiei Panonice, foarte bogată în astfel de resurse. Temperaturile surselor sînt de circa 60°C la Satu Mare, 90°C la Oradea, 49°C la Băile Felix, 39°C la Arad, 50°C la Timișoara, 62°C la Băile Herculane. Zona subcarpatică dintre munți și Dunăre cuprinde, de asemenea, zăcăminte geotermale interesante, cum sînt cele de la Țicleni (80°C), Mitrofani (100°C), Căciulata (54°C), Dobrești—Argeș (70°C), Siriu (60°C) etc.

Utilizarea rezervelor geotermale la noi în țară este încă în fază de început, pînă în prezent realizîndu-se numai la Oradea încălzirea și prepararea apei calde la cîteva blocuri de locuințe, precum și încălzirea unor suprafețe mici de seră.

Rezervele omologate, reprezentînd circa 1/3 din rezervele estimate, ar putea acoperi circa 1/10 din teritoriul țării (Crișana, Banat, zona subcarpaților meridionali), ceea ce, într-o aproximare inițială, ar conduce la posibilitatea de

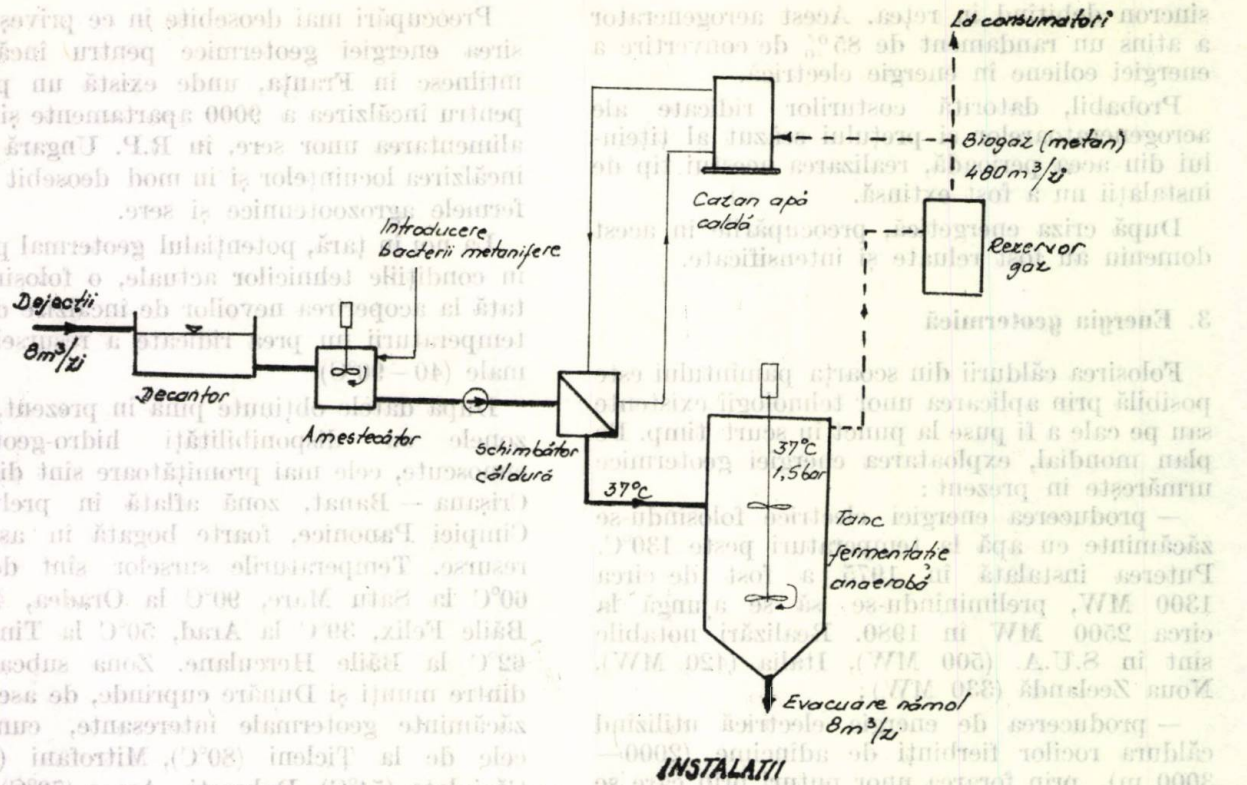


Fig. 4. Schema de principiu a unei instalaţii de producere a biogazului.

a prelua circa 5% din nevoile de energie primară pentru scopuri de încălzit ale ţării.

Activitatea de valorificare a resurselor geotermice a început în ISPE prin studierea soluţiilor şi schemelor tehnologice, şi, pe măsura măririi debitului de căldură al forajelor, se va trece la proiectarea instalaţiilor respective de utilizare, atît pentru încălzire, cît şi pentru sere şi gospodăriile agrozooteznice.

4. Biogazul

În multe ţări, mai ales în cele cu climă caldă şi tropicală, se manifestă un interes deosebit pentru obţinerea de gaze combustibile (în special metan) prin fermentarea deşeurilor organice şi a dejecţiilor animaliere. Pentru declanşarea şi menţinerea reacţiei de fermentaţie este însă nevoie de menţinerea în recipientul respectiv a unei temperaturi de minimum 25—30°C.

În ţara noastră s-a studiat şi s-a realizat de către ICPICA o staţie experimentală originală de obţinere a biogazului prin valorificarea dejecţiilor de porcine de la marile complexe de îngrăşare a porcilor. Rezultatele obţinute pe cale experimentală au arătat că se poate obţine circa 0,6 m³ biogaz dintr-un kilogram de substanţă organică uscată introdusă în bazinul de fermentare. Puterea calorică a biogazului obţinut este de circa 6500 kcal/m³ (fig. 4).

În plus, pe lîngă aportul energetic adus de biogaz la satisfacerea nevoilor locale de energie, se mai obţine şi stabilizarea biologică a acestor reziduuri, care altfel ar polua mediul înconjurător, iar nămolul rezultat se poate utiliza ca fertilizant organomineral al solului.

Concluzii

Pentru următoarele două decenii, fără îndoială şi peste anul 2000, toate previziunile şi orientările politicii energetice vor trebui să ţină seama de perspectivele noilor forme de energie, şi în principal de energia solară sub toate formele sale.

Informaţiile prezentate în lcrarea de faţă au un caracter de prezentare a problemelor, urmărind a indica principalele perspective cunoscute în prezent ale noilor forme de energie. De asemenea, în afară de identificarea acestora s-a insistat şi asupra viitorului previzibil în acest domeniu.

Pe baza elementelor de care am dispus, încadrarea în tehnologiile cunoscute în prezent la noi în ţară, noile resurse vor putea participa în viitor la acoperirea necesarului de energie primară al ţării în proporţie de 3—5%. Cu certitudine, locul resurselor energetice noi în satisfacerea necesităţilor de energie va fi apreciabil prin găsirea de soluţii noi de valorificare cu preţuri accesibile, în contextul unei limitări din ce în ce mai mari a resurselor de combustibil.

Dezvoltarea hidroenergeticii românești în cadrul utilizării complexe a cursurilor de apă

Ing. S. Bogdan
Ing. D. Spiridon
— ISPH —

Cursurile de apă ale țării noastre sînt surse hidroenergetice disponibile importante pentru necesitățile de energie ale economiei naționale și valorificarea potențialului tehnic amenajabil, de circa 40 miliarde kWh pe an, va avea o contribuție însemnată la acoperirea balanței energetice și la limitarea consumului de combustibili superiori pentru producerea energiei electrice. Potențialul hidroenergetic al cursurilor de apă din țara noastră a fost evaluat de ISPE și ISPH în perioada 1948—1965 pe baza studiilor schemelor de amenajare hidroenergetice, în care s-a ținut seama și de prevederile de dezvoltare pentru celelalte folosințe ale apelor, cunoscute în perioada respectivă.

Prin „Programul național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice din R.S. România", adoptat prin Legea nr. 1 din 16.04.1976, s-a prevăzut realizarea de acumulări și alte lucrări complexe necesare pentru amenajarea integrală a apelor țării, corelate cu lucrările specifice ale diferitelor ramuri ale economiei naționale, pe baza unor concepții unitare moderne, prin care să se asigure cerințele folosințelor de apă, valorificarea integrală a potențialului hidroenergetic, regularizarea debitelor și a cursurilor de apă, apărarea împotriva inundațiilor și combaterea eroziunii solului.

În cele ce urmează se examinează posibilitățile de corelare, efectele și influențele reciproce ale lucrărilor de amenajare prevăzute în studiile hidroenergetice în raport cu lucrările de amenajare complexă și a celor specifice folosințelor de apă, prevăzute în Programul național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice, în vederea scoaterii în evidență a posibilităților de mărire a potențialului tehnic și economic amenajabil și a condițiilor de exploatare a centralelor hidroelectrice.

1. Resursele hidroenergetice și influența Programului de amenajare complexă a apelor asupra utilizării lor

1.1. *Potențialul hidroenergetic teoretic disponibil*

Valoarea potențialului teoretic liniar, calculată prin însumarea potențialului cursurilor de apă principale și secundare mai importante, este de circa 70 TWh în anul mediu, din care circa 51,7 TWh/an corespunde rîurilor interioare și circa 18,4 TWh/an părții R.S.R. din potențialul Dunării. Din potențialul energetic al rîurilor interioare, aproape 80% corespunde rîurilor din zonele de munte. Sectoare cu potențial specific mai ridicat, între 1 000 și 2800 kW/km, apar pe rîuri din majoritatea bazinelor hidrografice principale, fără a depăși împreună circa 23% din potențialul teoretic total. O parte importantă, circa 20% din potențialul total, corespunde cursurilor de apă cu potențial specific mai mic de 200 kW/km.

Valoarea potențialului teoretic total disponibil, calculată prin însumarea pe bazine hidrografice a potențialului cursurilor de apă cu scurgere permanentă, este de circa 77 TWh/an mediu, din care circa 58,6 TWh/an corespunde rîurilor interioare, sporul de potențial fiind datorat în special cursurilor de apă cu potențial mai mic de 200 kW/km, din zonele superioare și inferioare ale bazinelor hidrografice.

1.2. *Potențialul tehnic amenajabil și influența Programului de amenajare complexă a apelor asupra valorii lui*

Pentru stabilirea valorii potențialului tehnic amenajabil s-au elaborat de către ISPH scheme de amenajare hidroenergetică pe bazine hidrografice, bazate pe studii și cercetări de teren, ținîndu-se seama de concepțiile tehnice moderne adaptate condițiilor specifice din țara noastră, prin care s-a urmărit: valorificarea maximă a potențialului disponibil, amenajarea complexă a rîurilor și valorificarea superioară a potențialului hidroenergetic, prin amenajarea în zona de munte a fiecărui bazin hidrografic a unor CHE importante, cu mari lacuri de acumulare, dimensionate ca centrale de vîrf și intervenție.

Pe baza schemelor de amenajare a CHE, care au fost elaborate pînă în etapa 1961—1965, folosind studiile de teren efectuate pînă în etapa respectivă, valoarea potențialului tehnic amenajabil a fost evaluată la circa 36 TWh/an, din care circa 24 TWh/an revin rîurilor interioare, iar circa 12 TWh/an reprezintă partea țării noastre din amenajarea integrală a Dunării.

În perioada 1966—1976, datorită continuării și extinderii cercetărilor de teren în majoritatea bazinelor hidrografice mai importante (Olt, Siret, Someș, Mureș, Argeș, Jiu etc.), cît și aprofundării studiilor schemelor de amenajare hidroenergetice, au fost aduse îmbunătățiri soluțiilor și parametrilor CHE prevăzuți în aceste scheme, ținîndu-se seama pe parcurs și de prevederile din schemele-cadru de amenajare complexă a bazinelor hidrografice elaborate în cadrul Consiliului Național al Apelor.

În zonele de munte s-a mărit valoarea potențialului tehnic amenajabil în special prin folosirea posibilităților de realizare a unor acumulări mari cu rol complex și a concentrării debitelor și căderilor cursurilor de apă în CHE de vîrf cu puteri între 100 și 500 MW, în numeroase

bazine hidrografice, precum și a includerii în schemele hidroenergetice a acumulărilor prevăzute în schemele-cadru de amenajare complexă.

În zonele de deal și de șes s-a mărit potențialul tehnic amenajabil prin extinderea amenajării pe rîurile importante de CHE în cascadă de joasă cădere, în schemele cărora se prevede realizarea de baraje cu acumulări importante (Olt, Argeș, Siret, Mureș etc.) în sectoarele în care sînt condiții favorabile, destinate în special pentru regularizarea debitelor pentru irigații. De asemenea, s-a prevăzut amenajarea de CHE pentru utilizarea căderilor care vor fi create de barajele și derivațiile prevăzute pentru alimentări cu apă.

Pentru amenajarea complexă a Dunării s-au continuat studiile de optimizare a soluțiilor pentru energetică, navigație, apărarea terenurilor agricole din luncă și pentru crearea de rezerve de apă pentru irigații.

Pe baza studiilor și a completării schemelor de amenajare hidroenergetică cu unele prevederi din schemele-cadru de amenajare complexă a apelor efectuate pînă în 1976, valoarea potențialului tehnic amenajabil a fost evaluată la circa 38 TWh/an, corespunzător unui număr de 855 CHE, cu puterea totală instalată de circa 13 000 MW și cu volumul util al acumulărilor de circa 20 miliarde m³, repartizate pe zone astfel :

	Nr. de CHE	Putere instalată, MW	Producția de energie, GWh/an	Volumul util al acumulărilor, mil. m³
Amenajări pe rîuri interioare	850	10 700	26 700	17 500
din care :				
— CHE din zonele de munte	490	7 300	16 900	9 800
— CHE din zonele de deal și cîmpie	360	3 400	9 800	7 700
Amenajări fluviale pe Dunăre	5	2 300	11 300	2 500

Posibilități importante de mărire a potențialului tehnic amenajabil se vor putea obține prin studierea corelării schemelor de amenajare hidroenergetice cu lucrările necesare pentru dezvoltarea celorlalte folosințe ale apelor și pentru regularizarea cursurilor de apă, prevăzute în Programul național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice, constînd din :

— amenajarea de CHE pentru folosirea căderilor care vor fi create prin realizarea acumulărilor cu rol complex, care nu au fost incluse în schemele hidroenergetice ;

— extinderea amenajării de CHE în cascadă pe toate rîurile principale și pe cele pe care sînt prevăzute lucrările de regularizare, îndiguire sau adîncire a albiilor ;

— amenajarea de CHE pentru utilizarea căderilor ce se pot realiza pe derivațiile cu scop complex prevăzute între bazinele excedentare și cele deficitare ;

— amenajarea de microcentrale prin utilizarea construcțiilor hidrotehnice existente și a celor prevăzute pentru diverse folosințe, precum și prin folosirea potențialului cursurilor de apă din zonele superioare ale bazinelor hidrografice.

În total, ținînd seama de aceste posibilități, valoarea potențialului tehnic amenajabil se va putea mări cu circa 4—6 TWh/an, iar valoarea totală a potențialului hidroenergetic tehnic amenajabil al R.S. România se va mări de la circa 38 TWh/an la o valoare de ordinul a circa 42—44 TWh/an.

2. Posibilități de corelare a schemelor de amenajare a CHE cu lucrările complexe prevăzute pentru alte folosințe

Această corelare este necesar să se facă atît pentru a se asigura acoperirea cerințelor de apă ale tuturor folosințelor și apărarea împotriva inundațiilor, în condițiile cele mai eficiente, cît și pentru a se putea realiza amenajarea și utilizarea integrală a potențialului energetic al cursurilor de apă.

2.1. *În zonele de munte*, cursurile de apă totalizează un stoc de apă într-un an mediu de circa 24 miliarde m³, la un coeficient de acumulare mediu pe țară de circa 0,65 fiind necesar să se realizeze acumulări cu un volum util total de circa 14—16 miliarde m³, din care circa 4—6 miliarde m³ în plus față de cele prevăzute în schemele de amenajare a CHE, pentru a se putea regulariza debitele pe toate cursurile de apă din zona de munte.

Pentru corelarea lucrărilor hidroenergetice cu cele complexe prevăzute pe cursurile de apă din zona de munte, este necesar să se urmărească :

— valorificarea energetică mai eficientă a acumulărilor de interes complex, prin mărirea volumului lacului de acumulare în limitele economice permise de condițiile de teren în vederea creării unor rezerve suplimentare pentru necesitățile energetice ;

— dimensionarea volumelor lacurilor de acumulare prevăzute în schemele CHE în limitele necesare regularizării debitelor pentru folosințele complexe și pentru atenuarea viiturilor, ținînd seama de posibilitățile de realizare de captări și aducțiuni secundare pentru mărirea debitelor regularizate ;

— studiul amenajărilor de CHE importante în toate bazinele hidrografice cu acumulări mari cu rol complex ;

— prevederea, la CHE cu baraje și derivații, fără sau cu acumulări mici, a realizării de acu-

mulări cu volume corespunzătoare bazinelor de recepție aferente, pentru a contribui la regularizarea debitelor necesare folosințelor complexe din aval și extinderea schemelor CHE în zonele superioare ale cursurilor de apă, inclusiv pe acelea cu potențial specific mai mic de 200 kW/km;

— elaborarea de scheme de amenajare de CHE legate de acumulările și derivațiile complexe pentru transfer de debite din bazinele hidrografice excedentare în cele deficitare;

— folosirea energetică eficientă a căderilor lucrărilor de interes complex se va realiza prin amenajarea de CHE pentru utilizarea căderilor de la barajele de captare pentru alimentarea cu apă și a căderilor care se realizează pe derivații pînă la centrul de consum, iar la amenajările noi se va urmări ca soluția de captare a apei să se facă cît mai apropiată de centrul de consum pentru ca potențialul energetic să fie folosit în cadrul amenajării cursului de apă;

— amenajarea de CHE sau de microcentrale pentru folosirea căderilor din cadrul regularizării cursurilor de apă (baraje de liniștire, praguri, canale de descărcare etc.) ale pîraielor și formațiilor torențiale.

2.2. *În zona de deal și cîmpie*, potențialul hidroenergetic poate fi amenajat în mare parte prin corelarea cu lucrările necesare pentru alte folosințe, cuprinzînd baraje de acumulare cu rol complex, regularizarea și îndiguirea cursurilor de apă mai importante, amenajarea de căi navigabile și de balastiere, canale de derivație și de aducțiune pentru irigații și alte folosințe.

Lacurile de acumulare care sînt prevăzute în aceste zone trebuie să asigure debitele pentru irigații și atenuarea viiturilor care provin de pe bazinele din aval ale cursurilor de apă care coboară din zona de munte. Volumul util total al acestor acumulări este estimat la circa 8—10 miliarde m³ și corespunde unui coeficient mediu de acumulare de 0,7—0,6.

În cadrul corelării lucrărilor energetice cu cele pentru folosințele complexe, este necesar să se urmărească:

— reactualizarea și extinderea schemelor de amenajare în cascadă de cădere medie și mică (6—40 m) cu baraje de acumulare sau de biefare sau cu canale, pe toate cursurile de apă importante, inclusiv pe sectoarele lor inferioare cu potențial sub 200 kW/km;

— corelarea și combinarea realizării CHE în cascadă cu lucrările complexe prevăzute pentru regularizarea rîurilor pe 12 000 km și îndiguirea albiei pe 9300 km, precum și apărarea împotriva inundațiilor, pentru crearea de șenale navigabile pe rîuri care se amenajează (circa 3000 km) și pentru exploatarea balastului, urmărindu-se și adîncirea albiilor în aval de baraje, necesară formării șenalului navigabil și compensării variației căderii CHE, astfel ca să se poată obține soluțiile optime de amenajare pe ansamblul lucrărilor complexe;

— pe unele cursuri de apă, pe care sînt prevăzute acumulări importante în zona de deal și cîmpie, cu mari implicații social-economice defavorabile, este necesar să se studieze scheme de amenajare la care lucrările de regularizare și cele de realizare de CHE în cascadă să fie corelate cu necesitățile de realizare de acumulări mari. În acest sens se va urmări reducerea volumelor acumulărilor care implică pagube importante, iar diferența să fie cîștigată prin lacurile de acumulare a CHE în cascadă, pe sectoarele în care există condiții favorabile;

— în legătură cu corelarea lucrărilor de regularizare și amenajare complexă și hidroenergetică a rîului Siret inferior, este necesar să se reexamineze și schema de amenajare pe sectorul Trotuș-Dunăre cu o cascadă de CHE, prin crearea unui șenal navigabil, urmînd ca eventuale derivații de debite să fie concepute în cadrul acestei scheme;

— folosirea hidroenergetică a căderilor și debitelor din cadrul amenajării celor 2000 km de derivații complexe (din bazinele Someș, Mureș, Olt, Siret), prevăzute în Programul național, între bazinele excedentare și cele deficitare. De asemenea, la amenajările în cascadă prevăzute pe zona inferioară a rîurilor Jiu, Olt, Argeș, Siret, se prevede echiparea CHE cu grupuri reversibile, pentru acoperirea din Dunăre a cerințelor de apă pentru irigații.

3. Posibilitățile de corelare a exploatării CHE și a lucrărilor complexe de amenajare a apelor

3.1. *Dezvoltarea cerințelor de apă* a fost prevăzută în Programul național corespunzător prevederilor de dezvoltare a obiectivelor social-economice, în conformitate cu Directivele Congresului al XI-lea al P.C.R. Pentru folosințele principale, regimul de variație a debitelor, consumurile de apă nerecuperabile și încadrarea lor în bazinele hidrografice au o serie de aspecte caracteristice, și anume:

a) Valorificarea resurselor hidroenergetice necesită regularizarea debitelor și utilizarea întregului stoc de apă disponibil al cursurilor de apă, fără a se consuma sau altera calitatea apei, pentru acoperirea variațiilor zilnice și sezoniere ale necesităților de energie și putere ale sistemului energetic. În acest scop este necesar ca CHE cu mari lacuri de acumulare din zona de munte, dimensionate ca centrale de vîrf, să aibă în mod normal o producție de energie în semestrul de iarnă de circa 55—65% din valoarea producției anuale, iar în anii secetoși cu 90% asigurare producția din semestrul de iarnă să corespundă unei durate de utilizare a puterii instalate de circa 900—1000 ore/iarnă.

b) Alimentarea cu apă a populației va necesita creșterea cerințelor de apă de la 21 m³/s în 1975, la 100 m³/s în 1990 și la 160 m³/s

(circa 5 miliarde m³) în perspectivă, cu asigurări ridicate (95%) și prelevarea din surse în regim continuu.

c) Alimentarea cu apă a industriei și a complexelor agrozootehnice va necesita creșterea cerințelor de apă de la circa 170 m³/s în 1975, la 400 m³/s în 1990 și la 540 m³/s (circa 17 miliarde m³) în perspectivă, cu asigurare ridicată (97%). Din volumul de apă necesar în perspectivă, circa 75% (12,8 miliarde m³/an) va fi derivat din rîurile interioare și restul din Dunăre.

d) Cerințele de apă pentru irigații se caracterizează prin necesitatea prelevării din rîurile interioare și din Dunăre a unor volume mari de apă concentrate mai ales în 2—3 luni de vară, cu regim de variație foarte neuniform, atît de la an la an, cît și de la lună la lună, în funcție de condițiile climatice, normele de irigare anuale fiind cuprinse între mai puțin de 2000 m³/ha și peste 4500 m³/ha. Volumul de apă necesar pentru irigarea a 5,1 mil. ha în anul 1990 va fi de circa 19 miliarde m³ în anul mediu și circa 24 miliarde m³ în anii secetoși cu 80% asigurare. În perspectivă, dacă extinderea irigațiilor pe 7 mil. ha se va dovedi necesară și oportună, volumul de apă necesar se va ridica la circa 24 miliarde m³ în anul mediu și circa 30 miliarde m³ în anii secetoși.

În total, cerințele pentru alimentarea cu apă a folosințelor consumatoare de apă în anul mediu s-a prevăzut că vor avea creșteri importante față de cele din 1975, astfel :

	1975	1990	perspectivă
— cerințe totale de apă (mil. m³)	14,4	35	46
— din care consum nerecuperabil	9,7	25,6	36

În anul secetos cu 80% asigurare, cerințele totale vor crește datorită irigațiilor cu circa 13—15% și consumul nerecuperabil cu circa 17—20%. Din cerințele totale de apă, circa 60% se prevede să fie acoperite din rîurile interioare, circa 34% din Dunăre și circa 6% din apele subterane.

Pentru folosințele de apă, regimul de utilizare a debitelor prezintă unele cerințe care se pot armoniza, iar altele sînt contradictorii. Astfel, pentru toate folosințele este necesar să se rețină în lacurile de acumulare debitele mari din lunile de primăvară și viiturile. De asemenea, regimul continuu anual al cerințelor de apă pentru populație și industrie se poate corela cu regimul de utilizare a apei de către CHE, cerințele mai mari din lunile de iarnă fiind acoperite cu ajutorul lacurilor de acumulare. Regimul de consum al apei pentru irigații este în contradicție cu cel necesar pentru celelalte folosințe, în special în anii secetoși din perspectivă, cînd din volumul scurs anual pe rîurile interioare, de circa 20—26 miliarde m³, consumul de apă nu va putea fi acoperit decît prin creșterea consumului din Dunăre și utilizarea rezervelor din acumulările supraanuale.

Debitele de apă prevăzute a fi prelevate din Dunăre vor putea fi acoperite și în anii secetoși în regim amenajat prin utilizarea acumulărilor CHE prevăzute pe Dunăre.

Deoarece centrele de consum al apei pentru industrie și populație sînt situate în general în regiunile de deal și cîmpie, la altitudini mai mici de circa 300 mdM, iar suprafețele irigate sînt situate la altitudini mai mici de 200—50 mdM, consumurile de apă pentru industrie și irigații în general nu vor afecta resursele hidroenergetice ale regiunilor de munte. Din cauza reducerii pronunțate a debitelor rîurilor în regiunile de cîmpie și parțial în cele de deal, în anii secetoși, se vor micșora resursele lor energetice disponibile, de care în mare parte s-a ținut seama la evaluarea potențialului tehnic amenajabil.

3.2. *Posibilități de corelare a exploatării lacurilor de acumulare pentru acoperirea cerințelor folosințelor de apă și a necesităților energetice.* Resursele de apă relativ reduse ale rîurilor interioare din țara noastră (stocul mediu anual de 37 miliarde m³) și regimul lor variabil de scurgere, în comparație cu cerințele folosințelor de apă și cu distribuția lor teritorială, necesită studii ample de gospodărire a apelor pe ansamblul bazinelor hidrografice. Regimul debitelor rîurilor interioare are variații mari de scurgere în cursul anului și de la un an la altul ; în lunile de primăvară (martie—iunie) se scurge în general peste 50% din stocul anual, în timp ce în lunile august-septembrie și decembrie-februarie debitele scad la circa 0,4—0,3 din valoarea debitului mediu anual, iar în anii secetoși debitele scad pînă la circa 0,2—0,1 din debitul mediu.

Pentru toate folosințele de apă este necesar să se urmărească reținerea debitelor mari din lunile de primăvară și a viiturilor pentru umplerea lacurilor de acumulare, în vederea compensării debitelor din perioadele secetoase, a atenuării viiturilor și a măririi gradului de utilizare a resurselor de apă.

În regiunile de munte, din care provine circa 66% din stocul anual al rîurilor și din resursele hidroenergetice, iar cerințele de apă pentru celelalte folosințe sînt reduse, prin exploatarea acumulărilor cu volum total de circa 14—16 miliarde m³ în perspectivă, va fi necesar să se urmărească :

— regularizarea debitelor rîurilor conform necesităților energetice și cerlorlalte folosințe, astfel ca debitele medii lunare să nu scadă în anii secetoși la mai puțin de circa 50% din debitul mediu multianual, pentru a se realiza producția de energie de iarnă necesară în anul cu

90% asigurare și acoperirea cerințelor de apă ale industriei și populației;

— utilizarea unor tranșe din volumele acumulărilor pentru irigații, în limite acceptabile pentru celelalte folosințe;

— realizarea, în special cu ajutorul acumulărilor mari ale CHE, a unor regularizări superanuale a debitelor.

În regiunile de deal și de cîmpie, CHE amenajate în cascadă pe rîurile mari și folosințele de apă vor utiliza debitele regularizate în amonte, precum și ale afluenților de pe parcurs. Lacurile de acumulare prevăzute în aceste regiuni, împreună cu cele ale CHE în cascadă, al căror volum total va însuma circa 8—10 miliarde m^3, va fi necesar să fie exploatate astfel ca prin umplerea lor, pînă în luna iunie în fiecare an, să asigure acoperirea cerințelor de apă pentru irigații, completate cu volumele de apă provenite de la acumulările din zona de munte și cu debitele cursurilor de apă. În anii secetoși diferențele de volume necesare pentru irigații, care nu vor putea fi asigurate din rîurile interioare, va fi necesar să fie preluate din Dunăre, folosind CHE în cascadă cu grupuri reversibile.

Concluzii și propuneri

Potențialul tehnic amenajabil al rîurilor interioare, care a fost calculat pentru cursurile de apă cu potențial specific în general mai mare de 200—300 kW/km, reprezintă mai puțin de 50% din valoarea totală a potențialului teoretic liniar. Prin corelarea amenajărilor hidroenergetice cu lucrările de amenajare complexă prevăzute pe cursurile de apă și prin luarea în considerare a amenajării cursurilor de apă cu potențial specific mai mic de 200 kW/km, s-a estimat preliminar că potențialul tehnic amenajabil s-ar putea mări la circa 42—44 TWh/an.

Pentru stabilirea unor valori corecte, ar fi necesar să se reactualizeze calculul potențialului tehnic amenajabil pe bază de studii și cercetări de teren,prin aprofundarea posibilităților de corelare cu lucrările complexe prevăzute în Programul național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice și prin extinderea schemelor de amenajare de CHE și de microhidrocentrale pe cursurile de apă cu potențial amenajabil din zonele superioare și inferioare ale bazinelor hidrografice.

De asemenea, se va mări valoarea potențialului economic amenajabil prin participarea tuturor folosințelor interesate la realizarea acumulărilor și a altor lucrări cu rol complex, precum și prin comparație cu producerea energiei electrice în centrale care vor folosi combustibili importați.

Pentru corelarea și asigurarea utilizării optime a resurselor de apă, este necesar să se adîncească studiile planurilor de exploatare ale acumulărilor cu rol energetic și complex, în funcție de evoluția cerințelor folosințelor de apă, în vederea valorificării integrale, în condiții optime pentru sistemul energetic, a potențialului hidroenergetic.

SECȚIA II — CENTRALE TERMOELECTRICE, NUCLEAROELECTRICE ȘI SISTEME DE TERMOFICARE

Evoluția concepției, metodelor și soluțiilor de proiectare a centralelor electrice de termoficare și a rețelelor de termoficare

Ing. I. Borșa
Ing. V. Constantin
Ing. N. Niculescu
Ing. M. Voinea
Ing. L. Ghioca
— ISPE —

În actuala conjunctură energetică mondială, problema principală o constituie preocuparea pentru găsirea soluțiilor de îmbunătățire a randamentelor de transformare a energiei primare, în condițiile creșterii accentuate a consumului de energie.

Una din direcțiile principale ale dezvoltării energetice din țara noastră o reprezintă termoficarea, cale importantă pentru realizarea economisirii energiei.

Prin producerea combinată a energiei electrice și căldurii în centralele de termoficare, comparativ cu producerea separată a energiei electrice în centrale de condensație și a căldurii în centrale termice sau instalații individuale de încălzire, se realizează două mari obiective:

— economie de combustibil;

— limitarea poluării mediului ambiant și îmbunătățirea calității alimentării cu căldură.

În cele ce urmează se prezintă evoluția concepției, metodelor și soluțiilor de proiectare a CET și a rețelelor de termoficare în decursul celor 30 de ani de existență a ISPE, precum și preocupările actuale în noile condiții ale politicii energetice, care au în vedere ca noile centrale de termoficare să se realizeze exclusiv pe lignit.

1. Evoluția și stadiul actual al centralelor de termoficare

Puterea instalată în centralele de termoficare în anul 1950 însuma 127 MW, cu o producție de căldură de 7,500 TJ și de energie electrică

de 1870 TJ. Centralele erau de puteri mici, fiind echipate cu grupuri cu contrapresiune de maximum 4,5 MW.

În perioada 1950—1960, prin cercetări, studii și verificări practice, s-au stabilit direcțiile fundamentale în ceea ce privește introducerea și dezvoltarea termoficării.

Într-o primă etapă s-au instalat grupuri de 6—12 MW, cu parametrii aburului de 3,4 MPa și 435°C, în centre industriale ca Reșița, Grozăvești și Hunedoara. Etapa următoare a constituit-o instalarea grupurilor de 25 MW, cu parametrii aburului de 9,8 MPa și 510°C, la centrala Borzești.

Rezultatele din perioada 1950—1960 au condus la concluzia că centralele electrice de termoficare trebuie să constituie și surse de alimentare ale sistemului electroenergetic, find necesară, și în același timp economică, o orientare pe linia realizării de centrale cu puteri unitare mari și parametri ridicați ai aburului.

Începînd din anul 1960, termoficarea a fost introdusă și extinsă treptat în mari centre industriale și urbane, ca: Ploiești, București, Iași, Craiova, Galați, Oradea, Constanța, Pitești, Govora, Borzești etc., unde s-au realizat centrale de termoficare cu puteri unitare mari, 50 și 100 MW, cu parametri ridicați ai aburului, 13,7 MPa și 550—570°C. Pentru termoficarea urbană s-au instalat grupuri de 125 MW cu supraîncălzire intermediară a aburului și parametri de 14,9 MPa și 540/540°C, iar în prezent se prevede echiparea centralelor de termoficare urbană cu grupuri de 150 MW, fabricate în țară, avînd supraîncălzire intermediară a aburului și parametrii de 19,2 MPa și 540/540°C. Primul grup de acest fel urmează să fie pus în funcțiune în acest an la CET Palas.

În graficele din figura 1 se prezintă principalele elemente caracteristice ale evoluției termoficării: evoluția puterii instalate în centrale de termoficare, a căldurii livrate și a economiei de combustibil realizate.

Realizările termoficării la nivelul anului 1977 pot fi sintetizate astfel:

— putere instalată în centrale de termoficare	3770 MW
— căldură livrată prin termoficare	300 mil. GJ
— energie electrică produsă în CET	48 mil. TJ
— economia de combustibil față de sistemul producerii separate a căldurii și energiei electrice	2,7 mil. t c.c.

Schema termică a centralelor de termoficare urbană este caracterizată, în etapa actuală, de considerente legate de dimensionarea consumatorilor care permit folosirea de unități mari, cu putere de 150 MW (FIL — 150) și cazane de 145,8 kg/s, cu parametri înalți (19,2 MPa) și supraîncălzire intermediară (540/540°C),

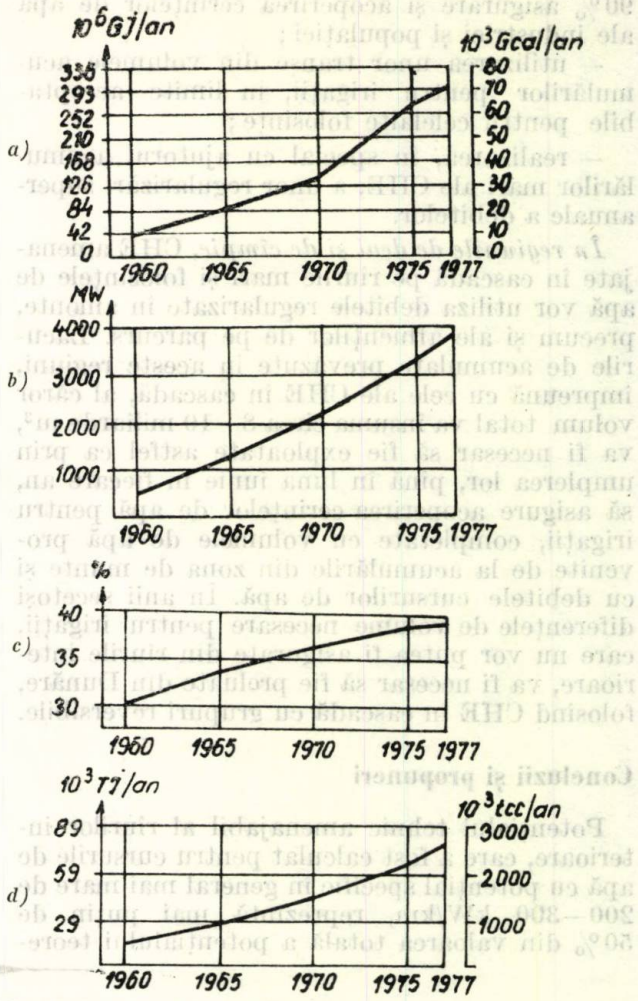


Fig. 1. Principalele elemente caracteristice ale evoluției termoficării: *a* — căldura livrată din centralele electrice de termoficare; *b* — puterea instalată în centralele electrice de termoficare; *c* — raportul între puterea instalată în centralele electrice de termoficare și puterea totală instalată în centralele termoelectrice; *d* — economia de combustibil obținută prin termoficare față de producerea separată.

energia în condensație fiind produsă cu un consum specific foarte apropiat de cel al turbinelor de 330 MW cu condensație.

Centralele de termoficare cu consum de căldură preponderent industrial se echipează de regulă cu grupuri de 50 MW cu contrapresiune, cazanele fiind cu circulație naturală la parametrii de 13,7 MPa și 540°C, iar grupurile cu condensație și prize tip DSL—50 se vor executa cu fascicole înglobate în condensator.

2. Concepția de dezvoltare în perspectivă a centralelor de termoficare

Examinările efectuate pentru etapa de perspectivă au indicat ca oportună dezvoltarea cu precădere a centralelor de termoficare, aceasta fiind calea principală pentru realizarea economiilor de combustibil.

În actuala conjunctură de utilizare cu maximă eficiență a resurselor energetice interne, pentru

condițiile din țara noastră se pune problema ca pentru viitor centralele de termoficare să se construiască exclusiv pe combustibili solizi (lignit sau șisturi) cu conținut mare de cenușă și apă, punîndu-se probleme deosebite pentru dimensionarea și concepția centralelor, cît și pentru transportul combustibilului la distanță.

Eficiența economică și modul de echipare a centralelor de termoficare ce urmează a se construi pe lignit transportat la distanță au fost examinate comparativ cu folosirea păcurii obținute din import, la diferite prețuri, funcție de conjunctura economică internațională.

Studiile efectuate au pus în evidență faptul că soluția echipării centralelor de termoficare urbană cu grupuri de 150 MW cu condensație și priză este economică pentru situațiile în care distanțele de transport se limitează la circa 300 km, iar pentru centralele de termoficare industrială, echipate cu grupuri de 50 MW cu contrapresiune, distanța de transport poate ajunge la circa 400 km.

S-au realizat, de asemenea, în aceste noi condiții :

— coeficientul orar de termoficare (raportul între debitul orar livrat la prizele sau contrapresiunea grupurilor și consumul total la vîrful de iarnă) optim pentru centralele de termoficare industriale și urbane ;

— raportul optim între numărul de CAF pe combustibil solid și numărul de CAF pe combustibil lichid, la centralele de termoficare urbană.

S-au stabilit astfel valori optime ale acestor caracteristici, care determină profilul unei centrale, funcție de mărimea consumului, de tipul grupurilor și de distanța de transport al combustibilului.

3. Metode de proiectare și soluții adoptate în proiectarea CET

De regulă, stabilirea profilului și amplasarea unei CET se determină prin analize speciale tehnico-economice, cu aplicarea metodei cheltuielilor totale actualizate și a criteriului mini-max, al lui Savage, pentru alegerea soluției optime.

În cadrul acestor analize se fac investigații în direcția consumurilor de căldură și a justificării acestora, în direcția tehnologiilor adoptate, în problema poluării mediului ambiant, a influenței transportului combustibilului, a asigurării cu apă și a racordului la sistem.

Metodologiile de calcul țin seama de folosirea unor programe de calcul pe calculator existente privind : determinarea poluării, siguranța în alimentare a consumatorilor, conductele din centrală, părțile de construcții.

Soluțiile adoptate în proiectarea CET urmăresc realizarea unor investiții cît mai reduse, conducînd în același timp la realizarea unor randamente în funcționare cît mai ridicate, în condițiile menținerii gradului de siguranță în alimentarea cu energie electrică și termică a consumatorilor.

Astfel, preocupările recente ale proiectării se concretizează în :

— reanalizarea și redimensionarea schemelor tehnologice, în care scop o mare utilizare o au operațiile pe calculatorul electronic ;

— montarea în aer liber a cazanelor de abur de 33,4 kg /s și 116,5 kg/s cu închideri ușoare numai în zonele de deservire ;

— montarea în aer liber a unor echipamente termomecanice anexe (degazoare, preîncălzitoare, expandoare, stații de pompe de termoficare, echipamente din stațiile de tratare a apei) ;

— reducerea importurilor prin asimilarea și fabricarea în țară a o serie de utilaje și materiale, cum ar fi : electropompe de alimentare a cazanelor, armături cu acționare electrică, stații de reducere—răcire, conducte de abur de înaltă presiune, unele echipamente pentru gospodăria de combustibil etc. ;

— extinderea tipizării soluțiilor constructive și a schemelor de realizare a instalațiilor electrice ;

— adoptarea de soluții tehnice cadru pentru rezolvări arhitecturale ale închiderilor și acoperirilor halelor termocentralelor prin utilizarea de materiale ușoare ;

— perfecționarea soluțiilor constructive privind structura de rezistență, corespunzător cu asigurarea unei bune funcționalități și a unei adecvate metode industrializate de execuție, care să asigure realizarea unei eficiențe economice sporite.

4. Evoluția și stadiul actual al sistemelor de transport și distribuție a căldurii

Primele preocupări pentru studierea și realizarea de sisteme de transport și distribuție a căldurii au avut loc în perioada 1951—1957, avînd caracter teoretic și experimental. S-au studiat astfel :

— natura, mărimea, variația și densitatea necesarului de căldură ;

— scheme, configurații și parametrii optimi ai sistemelor de transport și distribuție a căldurii ;

— schemele punctelor termice ;

— regimuri hidraulice și termice ;

— soluții constructive, materiale și mijloace de realizare pentru rețelele de transport și distribuție a căldurii.

Pe baza acestor studii și cercetări, în anul 1959 a fost realizată, cu caracter experimental, prima rețea de transport al căldurii în orașul București, prin care CTE Grozăvești debita apă fierbinte la parametrii 130/70°C pentru un mare consumator, avînd o schemă a punctului

termic de tip direct pentru încălzirea cu elevator cu boilere în paralel, pentru apa caldă de consum.

Această perioadă, ca urmare a studiilor, cercetărilor și experimentărilor, a cristalizat o concepție proprie unitară românească în privința sistemelor de transport și distribuție a căldurii în condițiile specifice ale țării noastre.

În baza rezultatelor, studiilor și cercetărilor, s-au evidențiat consumuri de căldură importante cu caracter urban, susceptibile de a fi alimentat centralizat 17 centre din România.

Rețelele de transport și distribuție a căldurii au fost concepute și construite în special în scheme radiale, cu conducte de ducere și întoarcere în circuit închis, cu siguranță sporită obținută prin legături între rețelele importante de transport (magistrale de legătură). Nivelul parametrilor realizați în mod curent la rețelele de apă fierbinte sînt : presiunea 1,57 MPa (17 ata), respectiv 1,96 MPA (21 ata), iar temperatura 150°C pe ducere și 64—70°C pe întoarcere.

Reglajul livrării căldurii se face prin modificarea temperaturii de ducere, funcție de temperatura exterioară a aerului și viteza vîntului.

Studierea deosebit de atentă a traseelor rețelelor de transport și de distribuție a permis amplasarea supraterană a acestora într-o proporție destul de mare, prin sprijinirea acestora pe suporturi prefabricate din beton armat.

În restul zonelor, rețelele în orașe s-au amplasat subteran, în canalele prefabricate din beton armat, care au permis un grad mare de industrializare și viteză de execuție sporită.

Pînă în 1970 s-au conceput și realizat 17 sisteme publice de transport și distribuție a căldurii, al căror număr a crescut la 30 în 1978.

Astfel, în 1978 sistemele publice de transport și distribuție a căldurii au atins o lungime totală de circa 950 km, cu distanța maximă de transport al căldurii de 15 km și alimentînd un număr de circa 800 000 de apartamente, instituții, industrii și sere.

O realizare deosebit de remarcabilă pe plan național și european o constituie sistemul de transport și distribuție a căldurii în Municipiul București. Acest sistem,cu caracter preponderent urban, este alimentat din cinci centrale importante, avînd o capacitate instalată termică de 4140 Gcal/h.

Rețelele de transport și distribuție însumează o lungime totală de circa 300 km, alimentînd consumatori la o distanță maximă de 12 km. Diametrul maxim al conductelor de transport, în funcțiune încă din 1967, este de 1200 mm. Sistemul de distribuție a căldurii, sub formă de apă fierbinte, se realizează prin intermediul a 730 puncte termice, din care se alimentează cu căldură un număr de circa 375 000 apartamente, 151 industrii și circa 260 ha sere.

5. Unele constatări din experiența acumulată în proiectarea și exploatarea sistemelor de transport și distribuție a căldurii

Rezultatele exploatării sistemelor de transport și distribuție a căldurii au scos în evidență elemente pozitive, cît și corecții necesare, după cum urmează :

— eficiență economică ridicată ;
— durată de viață ridicată ;
— siguranță în funcționare ridicată, pe o perioadă de 20 de ani, confirmată și de cutremurul din 1977 ;
— manevrabilitate și disponibilitate mare ;
— necesitatea perfecționării reglării livrării căldurii prin trecerea de la sistemul reglajului calitativ la cel mixt ;
— necesitatea introducerii dispecerizării și contorizării căldurii.

6. Tendințe și preocupări în proiectarea sistemelor de transport și distribuție a căldurii

În actuala conjunctură economică și energetică, în care se pune un accent deosebit pe ridicarea eficienței economice, s-au efectuat noi cercetări, ce urmează să se concretizeze în viitor, dintre care se citează :

— ridicarea parametrilor și mărirea ecartului de temperatură de la 150—180°C și respectiv 80—100°C ;
— materiale noi termoizolante cu performanțe deosebite ;
— aparate de sprijin mecanic cu coeficient de frecare redus ;
— scheme termomecanice îmbunătățite ;
— scheme și aparataje îmbunătățite pentru punctele termice ;
— trecerea la o etapă superioară a conducerii prin dispecer ;
— trecerea la etapa a treia de automatizare a livrării căldurii la receptor ;
— creșterea gradului de utilizare a calculatoarelor în proiectare și exploatare.

Concluzii

În cei 30 de ani de activitate a ISPE în domeniul energetic a avut loc un proces de evoluție a gîndirii tehnice privind concepția, metodele și soluțiile de proiectare a centralelor electrice.

Inițial axată numai pe centrale electrice de condensație, activitatea ISPE s-a diversificat în mai multe direcții, printre care cele principale au fost centralele electrice de termoficare și rețelele de distribuție a căldurii.

Considerată în trecut, ca și în prezent, o soluție de realizare a unor importante economii de combustibil, termoficarea a căpătat o pondere din ce în ce mai mare în acoperirea balanței de căldură și energie electrică, pondere corelată și cu dezvoltarea economico-socială a țării.

În aceste condiții, concepția, metodele și soluțiile de proiectare a centralelor electrice și sistemelor de termoficare au evoluat continuu, concomitent cu dezvoltarea bazei tehnico-materiale proprii (construcții de mașini și agregate dintre cele mai moderne) și formarea cadrelor de specialiști cu pregătire superioară, grupate în unități specializate de centrale de termoficare și rețele de termoficare.

Bibliografie

[1] Cocîrlă, T. și col. *Realizări și perspective în dezvoltarea producerii combinate de energie electrică și căldură în România*. Raport prezentat la a X-a Conferință Mondială a Energiei, Istanbul, septembrie 1977.

[2] Armencoiu, N. *Soluții adoptate în proiectarea centralelor electrice în scopul reducerii consumurilor specifice de combustibil pentru energia electrică emisă*. În: Energetica 26, nr. 7—8, 1978.

Evoluția concepției, metodelor și soluțiilor în prolectarea părții electrice a CTE și CET din R. S. România în intervalul 1949—1979 și tendințe de viitor

Ing. **E. Neniță** Ing. **D. Oncica**
Ing. **M. Vintilescu** Ing. **O. Tenea**
Ing. **C. Bădescu** Ing. **D. Pătrășescu**
Dr. ing. **Gh. Moraite** Ing. **I. Chesoiu**
Ing. **M. Stein** Ing. **M. Sufrim**
— ISPE —

Dezvoltarea proiectării părții electrice a centralelor termoelectrice în țara noastră, atît din punctul de vedere al volumului cît și al complexității instalațiilor, a urmat în intervalul 1949—1979 un curs puternic ascendent. Acest curs a fost determinat de valorificarea elementelor de progres tehnic aparținînd celor mai bune realizări din țară cît și a acelora cunoscute din străinătate, de procesul rapid de integrare a proiectării și fabricării în țară de instalații, echipamente, aparate și materiale necesare realizării obiectivelor energetice.

În timp ce în primii ani, 1949—1954, au fost prelucrate și adaptate proiecte importante de la furnizorii de echipamente din U.R.S.S. și R.S.C., după 1954 institutul a preluat treptat proiectarea părții electrice a CTE și CET. Începînd din 1957, institutul a elaborat proiecte de centrale cu grupuri de 50 MW, din 1964 grupuri de 100 MW, din 1966 grupuri de 200 MW, iar din 1970 grupuri de 330 și 160 MW.

Efortul de concepție și proiectare a fost încadrat în preocuparea permanentă pentru reducerea costului investiției, în special de construcții și montaj, a cheltuielilor de exploatare, a importurilor și a consumului de materiale deficitare.

Necesitățile obiective ale derulării investiției în toate fazele ei au impus o reglementare din ce în ce mai riguroasă și mai cuprinzătoare a procesului de proiectare pe bază de standarde, normative, prescripții, instrucțiuni și proiecte-tip.

1. Premise și condiții specifice

Evoluția elementelor de bază pentru structurarea concepției de proiectare a părții electrice aparținînd centralelor termoelectrice se poate rezuma astfel:

— instalarea de cazane cu circulație naturală sau cu străbatere forțată avînd debite de 120—1035 t/h, care progresiv s-au asigurat din țară, cu o diversitate de combustibili, ca: lignit, huilă industrială, șisturi bituminoase, hidrocarburi, gaze de recuperare;

— instalarea de grupuri turbină-generator și transformatoare de putere MT/MT și IT/MT aferente, în gama 12—330 MW, care, începînd cu anul 1965, au fost asigurate progresiv din țară;

— prevederea aparatajului de IT, MT, JT de 0,4—400 kV, a celulelor și tablourilor prefabricate, a panourilor și pupitrelor de comandă și supraveghere, care din 1962 s-au asigurat progresiv din țară;

— modificarea structurii puterilor instalate (sporuri), în raport cu tensiunile la care se racordează grupurile, după cum rezultă din datele următoare, în %:

Tensiunea, kV	*1959*	*1969*	*1979*	*1985*
6	17	5	1	1
35	29	9	—	—
110	54	41	26	36
220	—	45	42	10
400	—	—	31	53

— creșterea nivelului puterilor de scurtcircuit la 6 GVA pentru 110 kV, 12 GVA pentru 220 kV, 20 GVA pentru 400 kV, cu perspectiva depășirii ultimelor două valori după anul 1985, ajungîndu-se în anul 2000 la circa 35 GVA pentru 400 kV;

— instalarea generatoarelor de mare putere unitară, 150—330 MW, cu unele caracteristici

defavorabile (reactanțe, constante) pentru stabilitatea dinamică a rețelei, avînd în schimb unele performanțe favorabile (reglaje, semnale suplimentare);

— condiții noi pentru instalațiile electromecanice din centrale și pentru sistemul energetic, rezultate din analiza unor avarii extinse de sistem, la noi și în străinătate.

2. Relația centrală termoelectrică — sistem energetic

Evoluția concepției în proiectarea centralelor termoelectrice racordate la nodurile importante ale sistemului energetic a avut la bază și o adîncire a analizelor regimurilor caracteristice ale generatoarelor. În acest scop s-au dezvoltat treptat programe de calcul la mașini cifrice pentru: analize ale regimurilor tranzitorii ale grupurilor și motoarelor electrice din cadrul serviciilor proprii, din care au rezultat condiții pentru caracteristicile echipamentului și ale protecției prin relee; încadrarea în curba de sarcină; analiza condițiilor de fiabilitate; dezvoltarea optimă a tipurilor de centrale etc. Din astfel de analize au rezultat și aspecte noi privind regimurile de funcționare speciale ale grupurilor, cum ar fi: participarea la reglajul automat al frecvenței și puterii de schimb pe liniile de interconexiune internaționale; condiții pentru reglajul automat al excitației și pentru reglajul automat de viteză al grupurilor generatoare; funcționarea capacitivă a generatoarelor în regim de sarcină minimă pe sistem; comportarea în regimuri asincrone și condițiile respective pentru protecția grupurilor etc.

Printre acțiunile importante de îmbunătățire a comportării grupurilor în regimurile tranzitorii provocate de perturbații grave în rețea și de asigurare a continuității funcționării grupurilor după asemenea perturbații, menționăm două tipuri de automatizări ca fiind cele mai importante: descărcarea parțială rapidă a grupurilor la apariția unor suprasarcini periculoase în rețeaua de transport de energie electrică; separarea grupurilor la frecvență scăzută în sistem, cu consum local și cu consumul serviciilor proprii.

Analiza regimurilor tranzitorii provocate de insularizarea unor grupuri generatoare pe consum local de energie electrică și căldură a scos în evidență importanța care trebuie acordată funcționării grupurilor generatoare pe durate de timp de ordinul 5—20 s la frecvență scăzută, în banda 46—47 Hz.

3. Schemele de conexiuni primare ale centralelor

Schemele uzitate pentru CTE, CET și centrale industriale de puteri unitare reduse s-au încadrat, conform practicii curente, în două grupe:

— Scheme cu bare colectoare la tensiunea generatorului pentru grupuri de puteri unitare 4—25 MW, cu una, două sau trei tensiuni de distribuție de 6—35—110 kV. Stația de 6 kV cu simplu sau dublu sistem de bare colectoare, nesecționate sau secționate, eventual prevăzute cu bobine de reactanță pe cuple sau pe fideri în scopul limitării puterilor de scurtcircuit la valorile de stabilitate ale aparatajului din seria curentă 200—300 MVA, are, conform concepției centralei, rolul de distribuție sau (și) de alimentare a serviciilor proprii.

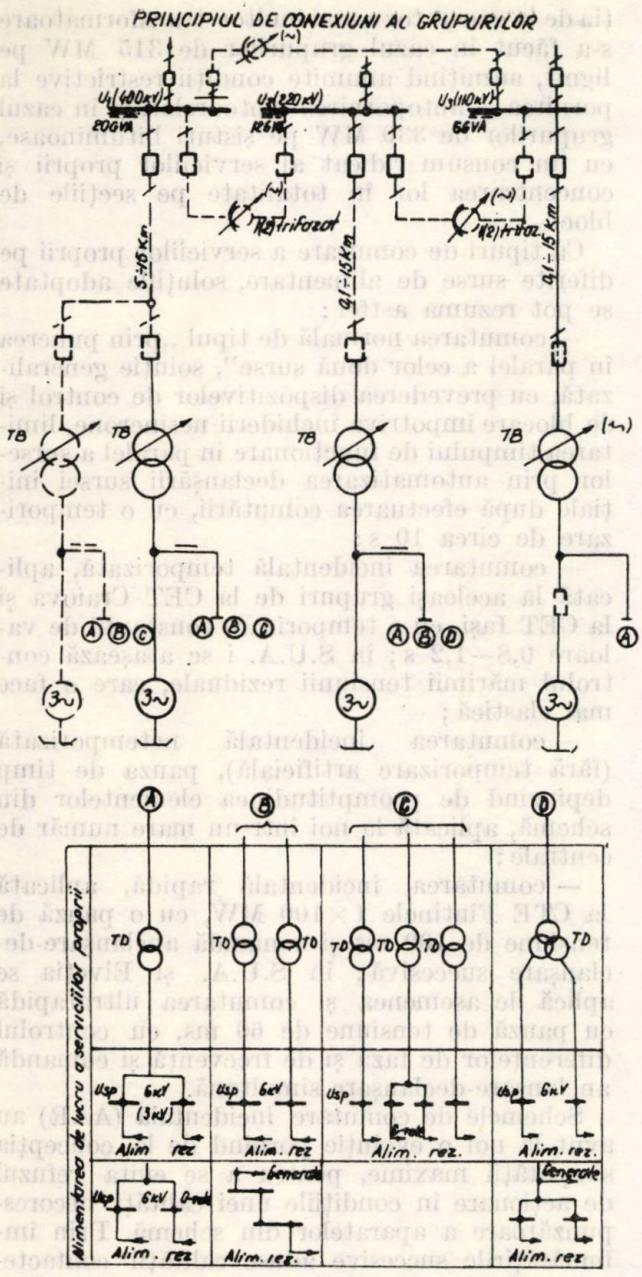
— Scheme bloc generator — transformator derivație pentru alimentarea serviciilor proprii pentru grupuri de puteri unitare 12—330 MW, cu două sau trei tensiuni de distribuție, adoptate, conform cerințelor, între valorile 6—35—110 — 220 — 400 kV. Schema de conexiuni la fiecare tensiune s-a adoptat în funcție de numărul și puterea grupurilor racordate, de importanța și rolul în sistemul energetic și față de consumatorii deserviți.

În majoritatea cazurilor au rezultat scheme cu dublu sistem de bare colectoare, cu sau fără secționare, cu sau fără bară de transfer, opțiunile luate în ultimii ani avînd la bază calcule economice și de fiabilitate.

Pînă în 1962 au fost utilizate transformatoare ridicătoare cu trei înfășurări 6(10)/35/110 kV. Ulterior, pentru conectarea generatoarelor sau a stațiilor de tensiuni diferite s-au utilizat transformatoare cu două înfășurări U_G/110 kV, U_G/220 kV, U_G/400 kV, 6(10)/110 kV, 6(10)/220 kV, 110/400 kV și autotransformatoare 110/220 kV, 220/400 kV, toate avînd o gamă largă de reglaj al tensiunii, $\pm 12\%$ sau $\pm 16\%$.

Schemele bloc generator — transformator au fost extinse și la linia electrică de legătură cu stația (stațiile) pe care debitează grupurile, dacă aceasta, în special din motive de poluare, a fost amplasată la distanța de 2—15 km de centrală. Pentru a reduce suprafața ocupată de culoarele LEA, la ultimele centrale cu grupuri legate la stații prin linii lungi s-a prevăzut racordarea a cîte două grupuri pe un circuit de LEA avînd simplu circuit. Această soluție conduce la un apel dublu de sarcină de la sursa de oprire a grupurilor în cazul deconectării circuitului respectiv de linie la capătul dinspre stație. În cazul racordurilor grupurilor de linii electrice a apărut problema tipului de sincronizare de adoptat, ținînd seama de valoarea unghiului de decalaj între fazorii tensiunii la cele două capete, pentru unele cazuri rezultînd condiții restrictive, în special la punerea în paralel a surselor de alimentare a serviciilor proprii din centrală.

Coordonarea schemei de evacuare a puterii blocului cu aceea de servicii proprii, în scopul menținerii variațiilor de tensiune și de frecvență în limite acceptabile, în regimuri normale



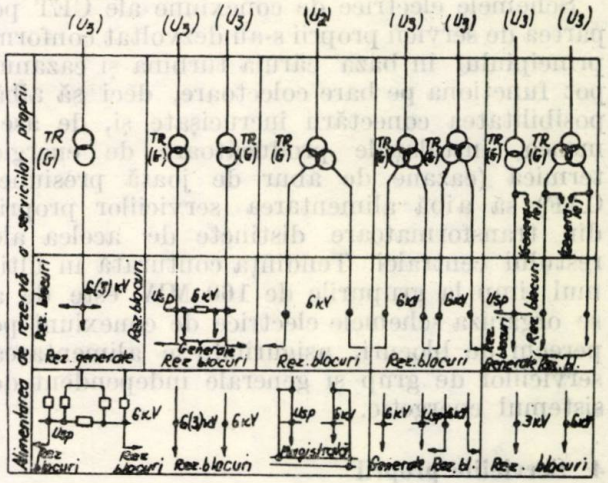


Fig. 1. Caracteristica conexiunilor electrice ale principalelor CTE și CET proiectate de ISPE.

Notă. Cu linie punctată s-au reprezentat variante la soluția de bază, realizate într-o anumită măsură.

și cvasistaționare ale rețelei de servicii proprii rezultînd din condiții de funcționare stabilă a motoarelor asincrone, din condiții de pornire și de autopornire a acestora, a condus la o sumă de precizări ale soluțiilor : transformatoare ridicătoare de bloc fără prize de reglaj, generatoare cu limitele de variație a tensiunii la borne de $+5\% - 10\%$, transformatoare de servicii proprii cu reglajul tensiunii sub sarcină în gamă largă, min. $\pm 10\%$, tensiuni de scurtcircuit relativ mici ale transformatoarelor de servicii proprii față de acelea din STAS 1703—67, corelate cu valorile de scurtcircuit stabilizat la care trebuie să reziste.

Cu puține excepții, din categoria grupurilor de 12—50 MW, realizarea pornirii și opririi blocurilor s-a prevăzut a se face prin transformatoare alimentate din rețeaua de IT cea mai apropiată, de regulă 110 kV (excepție CET București-Sud $2 \times 125/135$ MW și CTE Brăila 1×330 MW, unde rețeaua de racord a acestor transformatoare este de 220 kV), aceste transformatoare avînd de regulă și rolul de alimentare a serviciilor generale ale centralei. În cazul schemei bloc generator — transformator, cu întreruptor sau cuplor la bornele generatorului, realizarea pornirii și eventual a opririi blocului se poate face prin propriul circuit, existînd posibilități pentru reducerea puterii unitare a transformatoarelor care să servească pentru alimentarea serviciilor generale și eventual pentru oprirea blocului, posibilitate încă nevalorificată la noi. Concepția este aplicată în Franța (palierele de putere de 660 și 250 MW) ;

în R.F.G., la CTE Wilhelmshaven 1×800 MW s-a renunţat la transformatorul pentru alimentarea din sistem a serviciilor proprii, limitîndu-se alimentarea de rezervă numai la asigurarea consumatorilor vitali. Aceste soluţii simplificatoare au la bază un nivel înalt de disponibilitate atins de echipamentele auxiliare din centrale, spre care se canalizează şi eforturile industriei noastre constructoare de maşini.

Schemele electrice de conexiune ale CET pe partea de servicii proprii s-au dezvoltat conform principiului în baza căruia turbina şi cazanul pot funcţiona pe bare colectoare, deci să aibă posibilitatea conectării încrucişate şi, de asemenea, instalaţiile producătoare de energie termică (cazane de abur de joasă presiune, CAF) să aibă alimentarea serviciilor proprii din transformatoare distincte de acelea ale restului centralei. Tendinţa conturată în ultimul timp la grupurile de 160 MW este de a se organiza schemele electrice de conexiuni pe perechi de blocuri, asigurîndu-se alimentarea serviciilor de grup şi generale independent de sistemul energetic.

4. Serviciile proprii

Schemele electrice de servicii proprii s-au dezvoltat conform caracteristicilor şi cerinţelor tehnologice, experienţei de exploatare foarte diverse şi nivelului aparatajului utilizat. Soluţiile date au vizat treptat asigurarea unui nivel de siguranţă şi a unei economicităţi crescînde. Astfel, pentru grupurile de 50—330 MW s-a generalizat schema cu două secţii de bare pe bloc şi, simetric, două secţii generale care asigură starea de succes (cu 0,5—0,65 P_n).

Progresiv, au fost introduse îmbunătăţiri şi perfecţionări constînd din : repartizarea receptoarelor de servicii proprii de lucru şi de rezervă esenţiale pentru menţinerea în funcţiune a blocului pe secţiunile de MT şi JT ale acestuia, reducerea la minimum a legăturilor transversale, posibilitatea alimentării din bloc a serviciilor proprii pe durata insularizării, desensibilizarea receptoarelor esenţiale la goluri de tensiune.

Valorile de scurtcircuit rezultate la barele de servicii proprii de MT (3,15 kV ; 5,5 kV ; 6,3 kV), incluzînd aportul din exterior cît şi pe acela al motoarelor de servicii proprii, pornind de la baremul impus de condiţia cea mai grea de funcţionare a motoarelor în regimurile cele mai defavorabile, s-au înscris în valorile garantate de fabricant, nefiind normată o marjă de siguranţă (rezervă în puterea de rupere, care la unele companii din S.U.A. se recomandă a fi de 5%). Nivelurile de scurtcircuit au evoluat de la 150 la 400 MVA la MT. Pentru limitarea lor la valorile admisibile, au fost utilizate, în limita posibilităţilor de import, transformatoare cu două înfăşurări secundare. Prevederea pe derivaţia de la generator a mai multor transformatoare s-a făcut în cazul grupurilor de 315 MW pe lignit, admiţînd anumite condiţii restrictive la pornirea şi autopornirea motoarelor, şi în cazul grupurilor de 330 MW pe şisturi bituminoase, cu un consum ridicat al serviciilor proprii şi concentrarea lor în totalitate pe secţiile de bloc.

Ca tipuri de comutare a serviciilor proprii pe diferite surse de alimentare, soluţiile adoptate se pot rezuma astfel :

— comutarea normală de tipul „prin punerea în paralel a celor două surse", soluţie generalizată, cu prevederea dispozitivelor de control şi de blocare împotriva închiderii nesincrone, limitarea timpului de funcţionare în paralel a surselor prin automatizarea declanşării sursei iniţiale după efectuarea comutării, cu o temporizare de circa 10 s ;

— comutarea incidentală temporizată, aplicată la aceleaşi grupuri de la CET Craiova şi la CET Iaşi, cu o temporizare constantă de valoare 0,8—1,2 s ; în S.U.A. i se ataşează controlul mărimii tensiunii reziduale, care o face mai elastică ;

— comutarea incidentală netemporizată (fără temporizare artificială), pauza de timp depinzînd de promptitudinea elementelor din schemă, aplicată la noi într-un mare număr de centrale ;

— comutarea incidentală rapidă, aplicată la CTE Fîntînele 1×100 MW, cu o pauză de tensiune de 100 ms şi comandă anclanşare-declanşare succesivă ; în S.U.A. şi Elveţia se aplică de asemenea şi comutarea ultrarapidă cu pauză de tensiune de 60 ms, cu controlul diferenţelor de fază şi de frecvenţă şi comandă anclanşare-declanşare simultană.

Schemele de comutare incidentală (AAR) au avut la noi o evoluţie pornind de la concepţia simplităţii maxime, pentru a se evita refuzul de acţionare în condiţiile unei calităţi necorespunzătoare a aparatelor din schemă. Prin îmbunătăţirile succesive aduse calităţii contactelor din dispozitivele de acţionare şi din relee, s-au reconsiderat schemele de AAR, s-au introdus o sumă de blocaje şi supraveghere care le-au ridicat nivelul de fiabilitate.

Faţă de evoluţia către scheme de servicii proprii de cea mai simplă expresie, mergînd pînă la a nega necesitatea prevederii AAR (de ex. Electricité de France), la noi s-a făcut un pas prin excluderea AAR la secţiile de bloc 0,4 kV aparţinînd blocului de 330 MW de la CTE Brăila.

Pentru verificarea posibilităţilor de autopornire ale echipamentelor de servicii proprii (astfel încît modificarea parametrilor tehnologici pe durata golurilor de tensiune să nu conducă la declanşarea blocului), se utilizează un program la calculatorul cifric întocmit în ISPE şi probele pe viu efectuate de ICEMENERG. Au

fost definite genuri de regimuri dinamice provocate de scurtcircuite în rețeaua sistemului, în a celei de servicii proprii, de comutare prin AAR, de pornirea celui mai mare motor. Față de „regula celor 3 secunde", referitoare la durata golului de tensiune cu care se calculase preliminar și care impunea condiții severe față de situațiile reale, și ținînd seama de rapidizarea protecțiilor prin relee în sistem și la serviciile proprii, s-a considerat suficientă acționarea declanșărilor la valori mai mici.

Referitor la limitele variațiilor de tensiune din rețeaua serviciilor proprii, a rezultat, conform unor studii, cercetări și probe pe viu îndelungate, efectuate în U.R.S.S., Franța, S.U.A., că valorile (0,85—1,05) U_n în funcționare normală și (0,7—0,8) U_n în regim de perturbații funcție de caracteristicile și încărcarea motoarelor asincrone, sînt acceptabile și acoperitoare. Îmbunătățirea procesului de accelerare în timpul autopornirii (determinată de construcția echipamentelor), care se face în cascadă, a condus la păreri autorizate și practici de a se admite tensiuni de restabilire mai reduse decît 0,70 U_n, recomandîndu-se valoarea de (0,6—0,65) U_n pentru grupuri de mare putere și parametri înalți ai aburului și valoarea de 0,55 U_n pentru grupuri cu acești parametri medii; la noi aceste valori s-au aplicat la echipamentele importate din U.R.S.S.

Pentru aportul la scurtcircuit al motoarelor asincrone mari, peste 300 kW, s-a considerat inițial $I_{sc.\,mot} = 6{,}5\ I_n$ la timpul $t = 0$ s.

În ultima perioadă de timp, s-a considerat în proiecte că influența motoarelor asincrone se manifestă și la timpul de rupere al întreruptoarelor, dacă acesta este sub 0,16 s.

O atenție crescîndă s-a dat soluțiilor de alimentare a consumatorilor vitali, prin prevederea de grupuri Diesel de 200—300 CP (pentru consumatori de categoria 0.b.), cu pornire și încărcare rapidă, și de invertoare (pentru consumatori de categoria 0.a.), care constituie una din componentele de bază ale sistemelor de alimentare cu energie electrică fără întrerupere.

6. Circuite secundare

Concepția sistemelor de comandă-control a urmărit satisfacerea conducerii operative și a cerințelor permanente de securitate și economicitate. În acest sens s-au prevăzut: creșterea numărului de mărimi indicate și afișate cu ajutorul aparatelor înregistratoare, osciloperturbografelor, înregistratoarelor de evenimente și de manevră a calculatoarelor; creșterea volumului de automatizări (AAR, RAR și t, RAT, separarea grupurilor la U_{min} și la f_{min}).

Comanda și supravegherea circuitelor electrice din centrală și din stațiile de conexiuni aferente au fost concepute conform realizărilor și tendințelor moderne, ajungîndu-se la sistemul cu treaptă intermediară de tensiune, la metode cu preselecție, la circuite logice (sistemele USILOG , CELESTA, SEMNAL—S), la miniaturizare (elemente unificate de tip UNIMOD, MINIMOD), la camera de comandă cu funcțiuni bine stabilite (tehnologice, de dispecer, electrice).

În domeniul protecțiilor prin relee, odată cu apariția grupurilor de puteri mari, peste 100 MW, concepția s-a îndreptat spre noi moduri de rezolvare, cu relee de mare sensibilitate și precizie. În principal, tipurile modernizate de protecții au vizat: o folosire mai completă a posibilităților de încărcare a generatoarelor și o detectare mai selectivă a supracurenților care periclitează integritatea mașinii, o exploatare corectă a generatoarelor în regim dezechilibrat; protecții speciale față de intrarea mașinii în regim asincron.

7. Considerații finale

Evoluția soluțiilor de proiectare, deși instalațiile au devenit din ce în ce mai complexe, a tins spre mărirea siguranței și economicității lor și spre simplificarea lor, în măsura permisă de nivelul de încredere în componentele tehnologice utilizate. Comparativ cu realizările din unele țări cu industrie energetică foarte dezvoltată, este de remarcat că limitarea obținerii unor tipuri moderne de echipamente menține soluțiile într-o formă ancombrantă. Dintre aceste echipamente menționăm: întreruptoare sau cuploare pentru generatoare mai mari de 50 MW, transformatoare de servicii proprii MT/MT și IT/MT cu două înfășurări secundare, motoare asincrone cu parametri superiori și insensibilitate dinamică, aparataj de comutare automată ultrarapidă, stații de 110 kV cu SF_6.

În general, prin evoluția soluțiilor de proiectare în domeniul părții electrice a centralelor termoelectrice s-a luat o opțiune pentru trecerea în mod natural la proiectarea centralelor nucleoaroelectrice, care, față de cele clasice, ridică în partea neconvențională probleme de securitate nucleară.

Contribuții la economisirea combustibililor și energiei electrice în sistemele de termoficare

Ing. N. Niculescu, Ing. C. Corcodel,
Ing. M. Voinea, Ing. R. Marinescu,
Ing. N. David, Ing. M. Iordache
— ISPE —

1. Generalități

Între soluțiile de minimizare a apelului la resursele de energie primară, promovate consecvent, puternic dezvoltate și reprezentate în energetica țării noastre, producerea combinată de energie electrică și căldură prin termoficare constituie una dintre principalele direcții prin care s-au înregistrat substanțiale economii de combustibil.

Calculele efectuate în scopul evidențierii efectelor obținute prin aplicarea termoficării demonstrează că în cazul alimentării consumatorilor urbani se realizează economii de combustibil evaluate la 12—18% din consumul aferent soluției de producere separată a energiei electrice și a căldurii, iar în cazul marilor platforme industriale volumul economiilor se ridică la valori de 22—30%. Economia totală de combustibil obținută prin aplicarea termoficării în țara noastră se cifrează la peste 2,7 milioane t c.c. în 1978, valoare ce reprezintă o reducere a consumului de resurse energetice primare de circa 2,5%.

Rezultatele prezentate sînt o consecință a politicii de gospodărire atentă a resurselor țării și de adoptare a celor mai oportune soluții prin prisma intereselor întregii economii naționale. Se menționează ca deosebit de semnificativ faptul că soluția de producere combinată a energiei electrice și a căldurii în surse puternice, dotate cu echipamente prezentînd performanțe tehnice și economice ridicate, și transportul și distribuția centralizată a energiei electrice și a căldurii, prin sisteme specializate realizate în soluții constructive ce formează obiectul unor permanente perfecționări, reprezintă în același timp și o rezolvare sau simplificare a unor multiple și stringente probleme din domeniul industrial și al gospodăririi edilitare, ca, de exemplu:

— degrevarea industriei de construcții de cazane prin reducerea numărului de cazane de debite mici și reducerea substanțială a consumului specific de metal raportat la unitatea de căldură produsă;

— posibilitatea utilizării combustibililor inferiori pentru producerea căldurii cu randamente ridicate;

— reducerea substanțială a noxelor evacuate în atmosferă și, pe această bază, înlăturarea în toate localitățile importante a poluării provenind din producerea căldurii;

— reducerea numărului de personal prin centralizarea și organizarea într-un sistem unic a problemelor legate de producerea, transportul și utilizarea căldurii;

— reducerea substanțială a suprafețelor de teren ocupate de sursele de producere a căldurii și posibilitatea utilizării terenurilor marginale din centrele urbane;

— asigurarea unui grad de confort ridicat pentru consumatorii de căldură;

— reducerea surselor de foc de pe teritoriul orașelor și degrevarea acestora de problemele și cheltuielile legate de transportul combustibililor;

— degrevarea activității consumatorilor industriali de problemele legate de producerea căldurii.

Politica de economisire a combustibilului prin adoptarea unor soluții de producere combinată de energie electrică și căldură, prin termoficare, a căpătat în țara noastră o largă dezvoltare, atît în contextul economiei naționale cît și comparativ cu alte țări.

Astfel, în 1979 sînt în funcțiune 24 centrale electrice de termoficare, alimentînd sisteme publice în 20 de centre, și peste 90 CET cu profil industrial.

Creșterea numărului și importanței consumatorilor de căldură a condus la realizarea de rețele de termoficare cu o lungime totală de peste 600 km, ajungîndu-se la distanțe maxime de transport de 9,5 km și diametre maxime ale conductelor de 600 mm, în cazul rețelelor de abur, și 17 km, respectiv 1200 mm, în cazul rețelelor de apă fierbinte.

Cu toate succesele și rezultatele pozitive prezentate mai sus, există o serie de direcții prin care se pot obține perfecționări capabile să ofere, în continuare, substanțiale reduceri ale consumului de căldură și energie electrică. Lucrarea de față își propune să treacă în revistă îmbunătățirile aduse de energeticienii noștri în concepția de proiectare și exploatare a sistemelor de termoficare, precum și unele rezultate obținute prin măsurile adoptate.

2. Perfecționarea concepției sistemelor de termoficare în scopul economisirii combustibilului și energiei electrice

În țara noastră, soluția de termoficare a suferit permanente îmbunătățiri, legate de adaptarea la condițiile concrete ale fiecărei centrale electrice de termoficare și, ca urmare, de permanentele căutări generale de ridicare a eficienței economice a sistemelor de termoficare. Perfecționările aduse au la bază atît creșterea experienței specialiștilor din domeniul industriei producătoare de echipamente, din domeniul proiectării și exploatării acestor obiective, cît și

rezultatele obținute prin cercetări ample destinate aprofundării problemelor tehnico-economice, care sînt prezente în acest domeniu, și pentru adaptarea la condițiile R.S. România a soluțiilor aplicate în țări cu experiență tehnică îndelungată. Dintre cele mai importante direcții în care eforturile depuse s-au materializat prin rezultate deosebite, se enumeră :

— asigurarea unei îmbunătățiri continue a performanțelor centralelor proiectate și realizate, respectiv a indicatorilor tehnico-economici ai acestora.. Pe această linie se remarcă faptul că, începînd cu CET de foarte mică putere, s-a ajuns, în cazul CET București-Sud, la o capacitate termică instalată de 2270 Gcal/h;

— asimilarea și producerea în țară a tuturor echipamentelor de bază (cazane, turbine, instalații de pompare etc.), echipamente ce au prezentat, de asemenea, o evoluție a caracteristicilor și performanțelor caracterizată printr-o perfecționare permanentă.

Ca urmare a celor de mai sus, se constată că în prezent în R.S.România există o concepție proprie și originală cu privire la realizarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură prin termoficare, oglindită și prin punerea și rezolvarea unor probleme de optimizare, în condițiile țării noastre, a soluțiilor constructive tradiționale și a regimurilor de funcționare, ca, de exemplu :

— stabilirea profilului și a schemelor centralelor electrice de termoficare în corelare cu asigurarea elasticității necesare în funcționare, și prin aceasta asigurarea obținerii și menținerii unor regimuri de încărcare a echipamentelor cît mai apropiate de regimurile economice ;

— optimizarea sistemelor de transport al căldurii atît din punctul de vedere al configurației de ansamblu, cu implicații în reducerea consumurilor proprii de putere și energie electrică pentru pompare, cît și din punctul de vedere al izolației termice ;

— perfecționarea soluțiilor constructive, în scopul reducerii de materiale deficitare ;

— actualizarea periodică a regimurilor de funcționare corespunzător cu dinamica dezvoltării sistemelor și cu cerințele gospodăririi raționale a combustibililor ;

— introducerea instalațiilor de reglare automată la punctele termice și la unii consumatori.

Pe linia adîncirii aspectelor legate de realizarea sistemelor de termoficare, au fost întreprinse programe de cercetări care și-au propus identificarea unor măsuri capabile să conducă la utilizarea mai judicioasă și la gospodărirea mai rațională a căldurii. Dintre rezultatele obținute pe această linie se subliniază :

— analiza condițiilor reale de apariție a vîrfului de sarcină termică în sistemele de termoficare urbană [2] a fundamentat propuneri de reducere a valorilor nominale cu 12—17% pentru sarcina de încălzire, respectiv 20% pentru sarcina aferentă preparării apei calde de consum. Aplicarea, din 1970, a acestor propuneri s-a concretizat prin importante economii de investiții, disponibilizări de capacități instalate în CET și rețele, precum și prin îmbunătățirea indicatorilor de exploatare a sistemelor de termoficare și, pe această bază, diminuarea consumurilor de combustibil și energie electrică pentru pompare ;

— cercetarea condițiilor specifice în care este necesară alimentarea cu căldură a marilor complexe de sere legumicole [3] a fundamentat atît posibilități de diminuare a investițiilor aferente capacității de producere a căldurii în CET, cît și modalități specifice de reglare a livrării căldurii. De asemenea s-au cercetat și soluționat scheme de reglare automată a căldurii în sere, corelat cu necesitățile de consum impuse de tipul culturii și stadiul de dezvoltare a acesteia. Elementele prezentate au permis elaborarea de diagrame de reglaj specifice acestor consumatori, a căror aplicare, începînd din 1972, a condus la realizarea de economii de căldură de ordinul a 5—10%.

Pentru perfecționarea în continuare a soluțiilor și concepției generale a sistemelor de termoficare, există în curs de valorificare cercetări axate pe :

— creșterea razei de eficiență a termoficării prin adoptarea de parametri ridicați ai agentului termic [4] ;

— crearea de echipamente superioare din punctul de vedere al consumului de metal și al comportării în exploatare (schimbătoare de căldură cu plăci) ;

— adoptarea de scheme îmbunătățite pentru instalațiile din punctele termice și de la consumatori (scheme cu o treaptă serie, cu injecție și acumulare, scheme de racordare directă la înaltă temperatură și presiune etc.).

Apariția unor sarcini înscrise în acte legislative — Decretul 620/1973, devenit Legea nr. 140/1973, și Decretul 281/1977 — a impulsionat cercetările din domeniul termoficării, în sensul clarificării celor mai eficiente soluții de aplicare în practică. Pe această linie s-au întreprins examinări legate în special de fundamentarea unor metodologii de reglare a căldurii livrate prin sistemele cu apă fierbinte, destinate eliminării risipei de căldură, prin apropierea parametrilor furnizați de cerințele reale de consum. Se subliniază, în acest sens,

suita de analize și cercetări care s-au materializat printr-o propunere de instrucțiune-cadru de reglare a livrării căldurii, introdusă experimental în exploatarea sistemelor de termoficare din anul 1975. Aplicarea noilor instrucțiuni de reglare, completate și corectate prin adaptarea la specificul fiecărui sistem de termoficare, a permis obținerea în funcționare a unor regimuri îmbunătățite.

O altă direcție înscrisă în Decretul 620/1973 a constat în analiza detaliată a schemelor instalațiilor consumatorilor industriali, efectuată în scopul identificării cerințelor reale de consum, atît pentru utilajele alimentate cu apă fierbinte, cît și pentru cele alimentate cu abur tehnologic. Astfel, ca urmare a bilanțurilor termice și tehnologice, s-au evidențiat parametrii necesari asigurării fluxurilor normale de producție și, pe această bază, s-au adoptat o serie de măsuri de raționalizare a alimentării cu căldură prin trecerea unor consumatori la niveluri mai joase de presiune și temperatură a aburului, trecerea unor instalații de încălzire de la utilizarea aburului la utilizarea apei fierbinți etc.

Apariția Decretului 281/1977 a pus în fața energeticienilor din domeniul termoficării problema îmbunătățirii și raționalizării accentuate a modului de producere și furnizare a căldurii prin sistemele de termoficare cu apă fierbinte. În acest sens s-au proiectat regimuri de funcționare corespunzătoare cu noile niveluri de temperaturi de încălzire indicate în decret, s-au îmbunătățit elementele puse la dispoziția personalului de exploatare pentru verificarea și menținerea regimurilor corecte de livrare a căldurii, s-au revizuit și fundamentat noi valori ale sarcinii nominale de încălzire și pentru prepararea apei calde de consum la nivelul fiecărui punct termic. Această acțiune se valorifică prin introducerea în exploatare a acestor elemente încă din iarna 1977/1978.

De asemenea, în concepția sistemelor de termoficare urmează să fie incluse rezultatele și soluțiile eficiente tehnico-economic, fundamentate prin cercetarea în continuare a următoarelor domenii :

— optimizarea regimurilor hidraulice de funcționare în contextul prevederii de instalații intermediare de pompare din rețele ținînd seama și de oportunitatea introducerii treptei III de pompare în CET. ;

— diminuarea consumului propriu tehnologic în transportul căldurii, prin actualizarea valorilor grosimii optime a termoizolațiilor, aplicînd o metodologie completă de calcul tehnico-economic comparativ, în care se are în vedere actuala conjunctură economică în domeniul asigurării cu combustibili și energie electrică.

3. Perfecționarea exploatării sistemelor de termoficare în scopul economisirii combustibilului și energiei electrice

În domeniul exploatării sistemelor de termoficare, s-a pus un accent deosebit pe optimizarea încărcării echipamentelor, suprapusă cu obținerea unei funcționări cît mai apropiate de parametrii proiectați prin studiile de regim hidraulic și termic și aflate în strînsă și permanentă corelare cu necesitățile reale de consum. Pe această linie se reliefează o serie de aspecte deosebit de importante, după cum urmează :

— au fost elaborate, pentru CET Brazi și CET Ișalnița, scheme de funcționare și încărcare a echipamentelor de producere a căldurii corespunzătoare obținerii unor consumuri diminuate de combustibil, pentru fiecare regim caracteristic de furnizare a căldurii la consumatorii alimentați. Prin aceste scheme se stabilește participarea fiecărei instalații la acoperirea sarcinii termice care se livrează, parametrii tehnici în punctele caracteristice ale instalației, circulația debitelor de agent etc. ;

— au fost întocmite ample analize asupra modului în care s-a efectuat furnizarea căldurii la consumatori, evidențiindu-se soluții și metode de perfecționare a producerii și transportului căldurii ;

— a fost generalizată reglarea unitară a parametrilor căldurii livrate prin aplicarea unei metodologii unice și în baza unor diagrame de reglaj adaptate anual la cerințele etapei respective de dezvoltare a sistemului. În cadrul acestei acțiuni se menționează faptul că se practică metode de reglare diferențiate, funcție de natura consumatorilor alimentați, metode particularizate la specificul schemei, astfel încît să valorifice la maximum posibilitățile oferite de echipamentele aflate în funcțiune în etapa respectivă ;

— s-a asigurat eliminarea dezechilibrărilor hidraulice în cadrul rețelelor primare, acțiune ce se extinde și în domeniul circuitelor secundare.

Pe lîngă elementele prezentate, se constată o îmbunătățire permanentă a activității de supraveghere a regimurilor de funcționare, în sensul diminuării prin toate mijloacele a consumului de căldură și de energie electrică de pompare, al eliminării risipei și supraconsumului.

Eforturile depuse pe linia gospodăririi mai judicioase a combustibililor și energiei electrice în sistemele de termoficare se reflectă în reduceri semnificative ale consumurilor specifice. Astfel, se ilustrează ca un rezultat important faptul că, în cazul consumatorilor urbani, s-au obținut reduceri ale consumului cu 15—20%, iar, în cazul serelor legumicole, reducerea se plasează între 5—10%, etc.

Pentru perioada următoare sînt asigurate condiţii în vederea obţinerii unor rezultate importante în direcţia reducerii consumurilor de combustibili şi energie electrică, bazate în special pe :

— introducerea unui sistem unitar de planificare, urmărire şi raportare a consumurilor proprii tehnologice aferente transportului şi distribuţiei căldurii produse în termoficare ;

— definitivarea metodologiei de echilibrare hidraulică a tuturor circuitelor secundare de distribuţie a căldurii ;

— extinderea introducerii instalaţiilor de reglare automată şi de contorizare a consumului la punctele termice ;

— trecerea la introducerea treptei III de automatizare a reglării căldurii la nivelul consumatorilor, prin lansarea în fabricaţie de serie mare a echipamentelor necesare — ventile cu dublu reglaj sau termostate ;

— introducerea calculatoarelor de proces în supravegherea şi exploatarea marilor sisteme de termoficare, echipamente cu sarcini în domeniul menţinerii unor regimuri optimizate de funcţionare a întregului ansamblu de instalaţii ;

— întărirea rolului unităţilor de dispecerizare a producerii, transportului şi utilizării căldurii în sistemele de termoficare.

Concluzii şi propuneri

Sintetizînd preocupările ISPE privind economisirea combustibililor şi energiei electrice în sistemele de termoficare, lucrarea de faţă evidenţiază căile, mijloacele şi măsurile aplicate sau care vor fi promovate, atît la nivelul concepţiei, cît şi al exploatării echipamentelor şi instalaţiilor componente ale sistemului de producere, transport, distribuţie şi consum al căldurii. Situate în contextul actualelor preocupări de gospodărire judicioasă a energiei, precum şi în cazul strict al termoficării — soluţie de producere combinată a energiei electrice şi termice net avantajoasă faţă de producerea separată —, modalităţile de economisire a combustibilului şi energiei electrice enumerate în această lucrare vin să ilustreze atît rezultatele obţinute pînă în prezent, cît şi posibilităţile de perfecţionare în continuare în această direcţie. Se estimează că, prin aplicarea sau prin adoptarea căilor, mijloacelor şi măsurilor menţionate în capitolele precedente, economia anuală de combustibil, în valori absolute la nivelul anului 1980, pentru CET aparţinînd M.E.E., este de aproximativ 338,5 mii t c.c./an, repartizate astfel :

	mii t c.c./an
A. *Măsuri de diminuare a necesarului de căldură la consumatori*	164,4
1. Optimizarea rezistenţei termice a clădirilor urbane	111,1
2. Întreruperea furnizării apei calde menajere pe timp de noapte	30,1
3. Alimentarea discontinuă a clădirilor care nu sînt folosite permanent	23,2
B. *Măsuri pentru apropierea căldurii livrate de necesarul real*	172,1
1. Echilibrarea hidraulică a sistemelor de termoficare	1,4
2. Introducerea automatizării, măsurării şi controlului la puncte termice urbane	74,2
3. Racordarea directă cu pompe de amestec	4,5
4. Îmbunătăţirea organizării şi dotării exploatării sistemelor de termoficare	15,6
5. Introducerea ventilelor cu dublu reglaj termostatat	18,0
6. Introducerea distribuţiei nord-sud în reţelele de distanţă şi instalaţiile interioare	24,8
7. Racordarea directă la înaltă temperatură a instalaţiilor de încălzire industrială	3,8
8. Introducerea reglajului mixt în sistemele de termoficare	22,0
C. *Măsuri de reducere a energiei electrice de pompare*	2,0
1. Introducerea de pompe la consumatorii de capăt	0,6
2. Introducerea reglajului calitativ în trepte de debit	0,7
3. Introducerea treptei III de pompare în instalaţiile de termoficare din CET	0,7

După cum se poate constata, aceste măsuri de economisire a combustibilului şi energiei electrice în sistemele de termoficare au ca efect punerea la dispoziţie pentru economia naţională a unei cantităţi importante de combustibili. De aceea apare ca necesară introducerea sau extinderea, în exploatarea echipamentelor şi instalaţiilor sistemului de producere, transport şi consum al căldurii, a măsurilor sus-menţionate, pe baza unui program de cercetare cu caracter aplicativ. De asemenea, complexitatea diverselor echipamente tehnice, precum şi a ansamblului în totalitate, corelată cu problematica realizării unor regimuri optimizate de funcţionare, impune introducerea, în cazul marilor sisteme de termoficare, a conducerii exploatării lor prin instalaţii de dispecerat avînd sau nu incluse calculatoare de proces, concepute fie în varianta simplificată (adaptate strict la regimul termic şi hidraulic), fie în varianta maximală (capabile să optimizeze procesele de producere, transport şi utilizare a energiei în sistemele de termoficare).

★

Cele de mai sus demonstrează faptul că toţi energeticienii care îşi desfăşoară activitatea în acest domeniu sînt intens mobilizaţi în direcţia unei perfecţionări continue a funcţionării sistemelor de termoficare şi, pe această bază, a obţinerii unor importante economii de energie, răspunzînd, în acest mod, sarcinilor care le revin din documentele de partid şi de stat pe linia gospodăririi mai judicioase a tuturor formelor de energie.

Bibliografie

[1] * * * *Analiza eficienței economice a sistemelor de termoficare cu CET ale M.E.E.* Studiu ISPE.

[2] * * * *Condiții optime de reducere și acoperire a vîrfurilor de sarcină termică din sistemele de termoficare urbană.* Studiu ISPE.

[3] * * * *Optimizarea alimentării cu căldură produsă în termoficare a serelor legumicole.* Studiu ISPE.

[4] * * * *Studiu privind determinarea limitelor economice ale nivelului și ecartului de temperaturi din sistemele de termoficare urbană.* Studiu ISPE.

[5] * * * *Studiul reducerii căldurii livrate din CET prin corelare cu temperatura exterioară și printr-o mai bună gospodărire a căldurii livrate.*

SECȚIA III — AMENAJĂRI HIDROENERGETICE

Alegerea numărului și tipului de hidroagregate pentru echiparea centralelor hidroelectrice de medie și mare cădere

Ing. **Gh. Opriș**
Ing. **I. Morariu**
Ing. **V. Diaconu**
— ISPH —

Pentru echiparea centralelor hidroelectrice de medie și mare cădere vin în considerație hidroagregatele cu turbine hidraulice de tip Francis și Pelton. Amenajările din țara noastră sînt însă de așa natură încît centrale importante de căderi corespunzătoare domeniului de utilizare al turbinei Pelton, și anume mai mari de circa 600 m, nu se mai întrevăd, singura amenajare de acest tip fiind deja realizată (CHE Lotru-Ciunget). În consecință, alegerea numărului și tipului de hidroagregate pentru căderi medii și mari se rezumă exclusiv la hidroagregatele cu turbine Francis. În tabelul 1 sînt redate caracteristicile hidroagregatelor de medie și mare cădere din R.S. România cu puteri unitare peste 10 MW, grupate pe centrale în funcțiune, centrale în construcție și centrale în curs de proiectare. Din examinarea acestor caracteristici se desprind o serie de constatări.

Progresele realizate în concepția schemelor de amenajare în privința concentrării căderilor și debitelor, precum și marile posibilități pe care le oferă industria constructoare de mașini din țara noastră conduc la o creștere sistematică a parametrilor de bază ai hidroagregatelor în privința căderii, puterii unitare și dimensiunilor.

Creșterea căderii turbinelor Francis, constatată pe plan mondial, se manifestă și la amenajările din țara noastră. Împingerea domeniului de utilizare a turbinei Francis către căderi din ce în ce mai mari, și înlocuirea în consecință a turbinei Pelton în zona căderilor de la 400 la 600 m, a fost determinată de considerente tehnico-economice, turbina Francis fiind un motor hidraulic mai rapid care conduce la un agregat mai ușor și mai ieftin și la un volum construit mai redus în centrală. Mașina hidraulică de tip Francis, ca motor hidraulic (turbină), a depășit căderea de 600 m ca mașină într-o singură treaptă (cu un rotor), iar ca mașină hidraulică reversibilă (turbină-pompă), în mai multe trepte, a depășit căderea de 1000 m.

Legea cunoscută, conform căreia investiția specifică pe kilowat instalat în agregat și partea de construcție aferentă acestuia scade cînd căderea crește, este valabilă pînă la acea valoare a căderii la care se trece de la turbine Francis la turbine Pelton, la această cădere apărînd o creștere a investiției specifice. Această cădere a crescut în ultimii ani de la 400 la 500 m și în prezent este de 600 m. În consecință, în zona de căderi de la 400 la 600 m se realizează cele mai economice soluții de echipare, în condițiile în care în țara noastră nu se pot realiza căderi mult mai mari (peste 1000 m), care să reducă în continuare investiția specifică. O comparare a caracteristicilor unor hidroagregate de mare putere din țara noastră foarte apropiate ca putere unitară, dar de căderi foarte diferite, ceea ce a impus utilizarea fiecăruia din cele trei tipuri fundamentale de turbine hidraulice, Kaplan, Francis și Pelton, (cazul agregatelor de la Porțile de Fier I, Rîul Mare — Retezat și Lotru—Ciunget) ilustrează pregnant cele de mai sus (tabelul 2).

Dintre turbinele Francis de mare cădere ce urmează a fi instalate (tabelul 3) se remarcă turbina centralei Retezat, cu o cădere maximă de 574 m (recordul mondial de cădere fiind în prezent de 670 m).

Creșterea puterii unitare a turbinelor este un aspect care caracterizează evoluția pe plan mondial în acest domeniu și care este ilustrat și în țara noastră, printr-o serie de realizări remarcabile. Turbina Pelton de la centrala Ciunget (Lotru) era la data instalării pe locul al doilea din lume în privința puterii, iar turbinele Francis prevăzute la centrala Retezat dețin recordul mondial de putere la căderea respectivă. Totodată amintim că turbinele Kaplan de la Porțile de Fier I dețin și ele recordul mondial de putere pentru acest tip de turbină. Toate aceste realizări sînt grăitoare pentru gradul de dezvoltare al hidroenergeticii româ-

Tabelul 1

Hidroagregate de medie şi mare cădere cu puteri unitare peste 10 MW

Nr. crt.	Denumirea centralei (riul)	Agregatul		Turbina*)			Generatorul	
		Puterea nominală	Turaţia	Căderea nominală	Debitul nominal	Diametrul nominal al rotorului	Puterea aparentă nominală	Tensiunea la borne
		MW	rot/min	m	m³/s	mm	MVA	kV
	A. *Centrale în funcţiune*							
1	Ciunget (Lotru)	170	375	730	26,7	2 950	185	15,75
2	Mărişelu (Someşul Cald)	73,3	600	400	20	2 250	90	15,75
3	Gh. Gheorghiu-Dej (Argeş)	55	428	285	22,4	2 400	61	10,5
4	V. I. Lenin et. II (Bistriţa)	50	300	132	43	2 300	50	10,5
5	V. I. Lenin et. I (Bistriţa)	23	428	132	22	1 600	31,5	10,5
6	Tarniţa (Someşul Cald)	22,5	300	73	36	2 000	25,5	10,5
7	Sadu V (Sadu — Sibiu)	10	1 000	335	3,8	1 200	12	6,3
	B. *Centrale în construcţie*							
8	Retezat (Riul Mare)	167,5	500	526	35	2 850	186	15,75
9	Gîlceag (Sebeş)	75	600	405	21,5	2 250	90	15,55
10	Şugag (Sebeş)	75	428	326	27,8	2 600	85	15,75
11	Remeţi (Iad)	72,5	600	440	19	2 150	81,5	15,75
12	Brădişor (Lotru)	54	375	126	50	2 000	62	10,5
13	Tismana (Tismana)	53	428	222	28	2 300	63	10,5
14	Clăbucet (Dîmboviţa)	32	500	212	17,6	1 800	35	10,5
15	Motru (Motru)	25	750	163	18	1 250	34	10,5
16	Săsciori (Sebeş)	21	375	94	26	1 700	24	10,5
17	Clocotiş (Bistriţa — Jiu)	10	600	100	12	1 160	14	6,3
	C. *Centrale în proiectare*							
18	Bumbeşti (Jiu)	150	214	230	75	—	170	15,75
19	Nepos (Someşul Mare)	125	250	243	58	—	140	15,75
20	Rulenі (Sebeş — Timiş)	100	333	313	38,5	—	110	15,75
21	Siriu-Căderea mare (Buzău)	77	600	455	19,5	—	85	15,75
22	Cumpăna — Căderea mare (Argeş)	60	600	465	15	—	65	10,5
23	Polatiştea (Sadu — Gorj)	50	750	535	11	—	55	10,5
24	Poiana Mărului (Bistra)	37,5	750	392	11	—	45	10,5
25	Cumpăna-Căderea mică (Argeş)	37,5	500	233	19	—	45	10,5
26	Siriu — Căderea mică (Buzău)	25	333	109	26	—	30	10,5
27	Runcu (Sohodol)	20	500	125	17,5	—	25	10,5
28	Lereşti (Riul Tîrgului)	19	600	153	15	—	20	10,5
29	Nehoiaşu (Buzău)	18	214	67	32	—	20	10,5
30	Strîmtori (Firiza)	13,5	750	225	7	—	15	6,3

*) Toate turbinele sînt de tip Francis, cu excepţia turbinei Ciunget (nr. crt. 1), care este de tip Pelton vertical cu 6 injectoare.

neşti şi pentru posibilităţile industriei constructoare de maşini din ţara noastră.

Creşterea puterii unitare se reflectă în tabelul 4, din care rezultă că numărul de tipodimensiuni cu puteri unitare peste 50 MW va creşte de la 4 la 14.

Evoluţia în timp a căderii maxime şi a puterii unitare maxime a turbinelor Francis este redată în figura 1.

Şi în privinţa dimensiunilor agregatelor, dimensiuni care depind de raportul P/n, dintre puterea şi turaţia agregatului, se va înregistra o creştere importantă (tabelul 5). Ca urmare a concentrării potenţialului cursurilor de apă în centrale de căderi şi puteri cît mai mari, puterea medie a hidroagregatelor va înregistra o creştere continuă, ea fiind de 52 MW/agregat la centralele în funcţiune, pentru a atinge 64 MW/agregat la centralele în curs de proiectare.

Alegerea tipului de turbină pentru căderi medii şi mari, aşa cum se conturează în baza celor arătate mai sus, nu implică analiza altui tip decît a tipului Francis. Bineînţeles, în zonele limită ale domeniului de utilizare a acestui tip de turbină — care pentru puteri mari este în prezent de la 40 la 600 m — apare necesitatea comparării cu tipul Kaplan, în zona căderilor de la 40 la 70 m, şi cu tipul Pelton, în zona căderilor peste 500 m, dar această analiză depăşeşte cadrul propus pentru articolul de faţă.

Rămîne deci a se hotărî numai asupra numărului de agregate. Turbina Francis, prin natura parametrilor ei hidraulici şi constructivi, fiind tipul de turbină care permite realizarea celor mai mari puteri unitare posibile dintre toate tipurile de turbine hidraulice, instalarea unor agregate cu puteri unitare de 700 MW/agregat fiind curentă (cazul centralelor Grand

Tabelul 2

Influenţa căderii asupra parametrilor unui agregat de mare putere

Nr. crt.	Parametrii hidroagregatului	U.M.	Centrala		
			Porţile de Fier	Riul Mare–Retezat	Lotru – Ciunget
	A. *Parametrii energetici*				
1	Căderea nominală	m	27	526	730
2	Debitul nominal	m^3/s	732	35	26,7
3	Puterea nominală	MW	175	167,5	170
4	Puterea aparentă	MVA	190	186	185
5	Tensiunea generatorului	kV	15,75	15,75	15,75
6	Tipul turbinei	—	Kaplan	Francis	Pelton
7	Turaţia	rot/min	71,5	500	375
8	Înălţimea de aspiraţie	m	−4,5	−15	—
9	Randamentul turbinei (max.)	%	94	92,7	92
10	Randamentul generatorului (max.)	%	98,2	98,5	98,4
	B. *Parametrii dimensionali*				
11	Diametrul rotorului turbinei	mm	9 500	2 850	2 950
12	Diametrul rotorului generatorului	mm	14 000	3 850	3 500
13	Înălţimea agregatului	m	20	13	10
14	Deschiderea podului rulant (B)	m	25	10,5	15
15	Distanţa între agregate (I)	m	30	17	18
16	Înălţimea centralei (H)	m	66	37	31
17	Volumul teoretic *) construit pentru un agregat	mii m^3	49,5	6,6	8,4
	C. *Parametrii economici*				
18	Greutatea turbinei	t	1 400	300	270
19	Greutatea generatorului	t	1 300	400	500
20	Greutatea agregatului	t	2 700	700	770
21	Greutatea specifică	kg/kW	15,4	4,2	4,5
22	Sarcina podurilor rulante	t	2×400	2×125	2×160
23	Preţul specific (lei/kW)	%	310	100	100

*) (B×I×H)

Tabelul 3

Turbine Francis cu căderi peste 300 m

Nr. crt.	Denumirea centralei	Anul instalării	Căderea maximă (m)
1	Retezat	în constr.	574
2	Polatiştea	în proiect.	560
3	Cumpăna	,,	512
4	Siriu	,,	490
5	Remeţi	în constr.	471
6	Mărişelu	1977	470
7	Gîlceag	în constr.	456
8	Şugag	,,	368
9	Sadu V	1963	350
10	Rujeni	în proiect.	347
11	Gh. Gheorghiu-Dej	1966	300

Tabelul 4

Turbine de mare cădere cu puteri unitare peste 50 MW

Nr. crt.	Denumirea centralei	Anul instalării	Puterea maximă (MW)
1	Ciunget	1972	187,5
2	Retezat	în constr.	183
3	Bumbeşti	în proiect.	170
4	Nepos	,,	140
5	Mărişelu	1977	85,5
6	Gîlceag	în constr.	83,5
7	Remeţi	,,	81
8	Siriu	în proiect	80
9	Şugag	în constr.	77,6
10	Cumpăna	în proiect.	67
11	Tismana	în constr.	61,5
12	Brădişor	,,	57,5
13	Gh. Gheorghiu-Dej	1966	56,5
14	V. I. Lenin	1961	54

Coulee şi Itaipu), iar condiţiile concrete ale potenţialului ţării noastre pe rîurile interioare fiind relativ modeste — centralele avînd puteri sub 500 MW — , în alegerea numărului de agregate nu apare problema instalării unui număr mare de agregate, ca urmare a atingerii limitelor constructive. În aceste condiţii, numărul minim de agregate este cel mai indicat, iar dacă soluţia cu un singur agregat, de regulă, se exclude pentru centralele de putere mai însemnată (peste 50 MW), ca urmare a indisponibilităţii întregii centrale în cazul scoaterii în revizie sau reparaţie a agregatului, atunci analizarea echipării cu două sau trei agregate este suficientă pentru marea majoritate a cazurilor.

Numărul optim rezultă din analiza tehnico-economică a variantelor, cu luarea în considerare a implicaţiilor atît pentru partea mecanică şi electrică, cît şi pentru partea de construcţii.

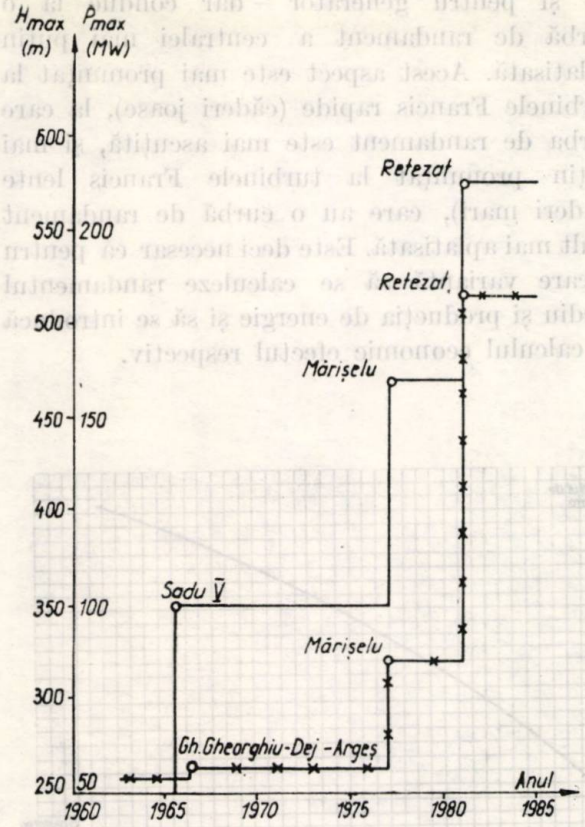


Fig. 1. Creşterea căderii şi a puterii unitare a turbinelor Francis

——— căderea (H_{max})
–x–x– puterea unitară (P_{max})

Tabelul 5

Hidroagregate de medie şi mare cădere de dimensiuni mari

Nr. crt.	Denumirea centralei	Anul instalării	Puterea (P) nominală (MW)	Turaţia rot/min	Raportul P/n
1	Bumbeşti	în proiect	150	214	700
2	Nepos	,,	125	250	500
3	Ciunget	1972	170	375	454
4	Retezat	în constr.	167,5	500	335
5	Ruieni	în proiect	100	333	300
6	Şugag	în constr.	75	428	175
7	V. I. Lenin et. II	1961	50	300	167
8	Brădişor	în constr.	54	375	144
9	Gg. Gherghiu-Dej	1966	55	428	128
10	Siriu-căderea mare	în proiect	77	600	128

Pentru predeterminarea parametrilor şi greutăţii turbinelor Francis, există numeroase materiale publicate în străinătate, dintre care cele mai complete şi recente sînt date în bibliografie [1], [2]. În ţara noastră este cunoscută contribuţia în acest domeniu adusă de prof. dr. doc. ing. Dorin Pavel. Toate aceste materiale nu au putut însă lua în considerare realizările din ultimii ani ai industriei constructoare de maşini din ţara noastră şi nici nivelul actual de preţuri.

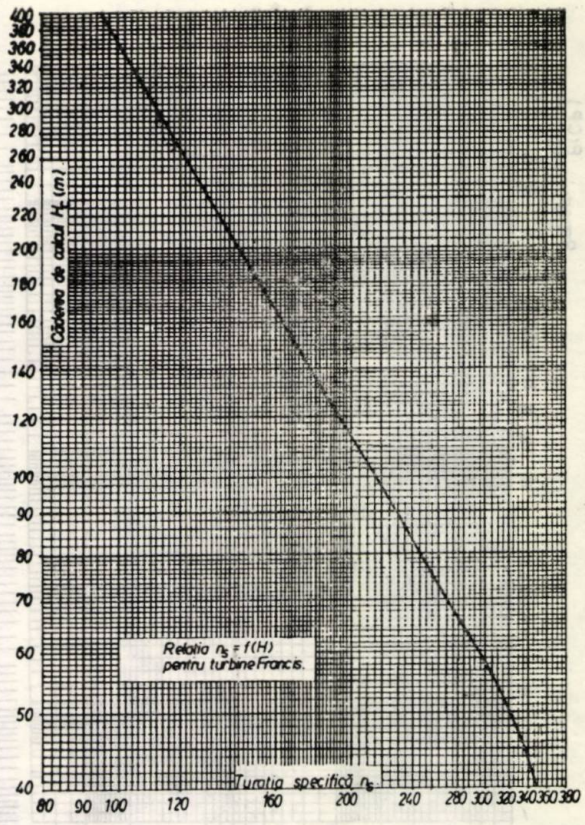


Fig. 2.

În prezent sînt fabricate sau proiectate un număr însemnat de tipodimensiuni de turbine Francis şi dispunem de greutăţi şi preţuri de livrare pentru o mare parte din ele. De aceea a fost necesar şi a devenit posibil să elaborăm diagrame proprii în cadrul acestei lucrări care să reflecte experienţa românească în acest domeniu. Astfel, în figura 2 este reprezentată relaţia $n_s = f(H)$, care serveşte la predeterminarea turaţiei, iar diagramele din figurile 3 şi 4 dau greutatea şi preţul de livrare al turbinelor Francis verticale. Menţionăm că atît în greutate cît şi în preţ sînt incluse toate complexele de livrare care alcătuiesc o instalaţie de turbină hidraulică. Diagramele se referă la turbine Francis fără regulator de presiune (ventil sincron). Cu ajutorul acestor diagrame şi pe baza datelor din [1] şi [2], referitoare la diametrul rotorului, gabaritele părţii de scurgere şi înălţimea de aspiraţie, se pot evalua corect turbinele pentru diferite variante de echipare şi se pot da proiectantului electrician şi constructor datele necesare evaluării de către aceştia a părţilor respective.

În afara componentei „investiţie", este necesar ca, la compararea tehnico-economică a variantelor, să se ia în considerare şi influenţa numărului de agregate asupra randamentului centralei.

Agregate mai puţine implică randamente mai mari în valoare absolută — atît pentru turbină,

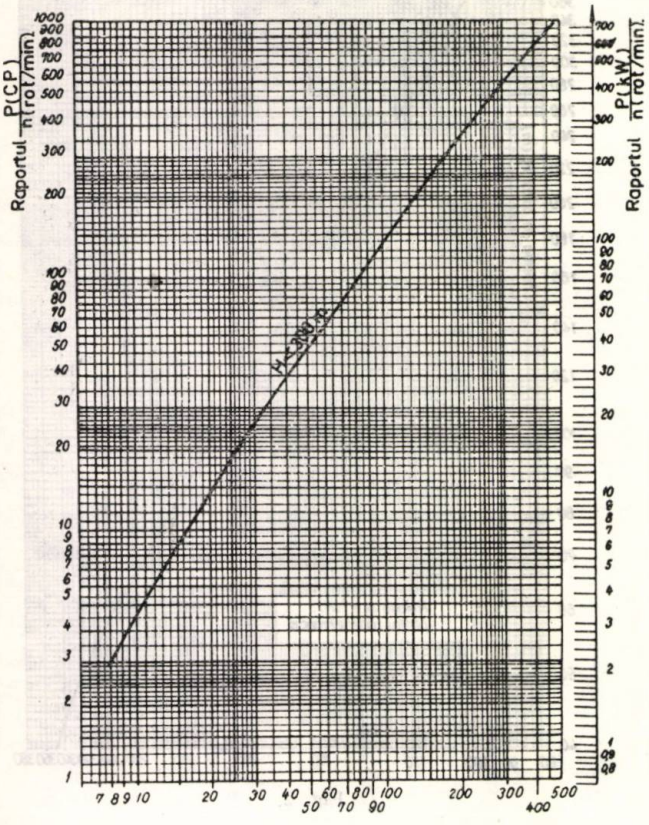


Fig. 3. Greutatea turbinelor Francis verticale în funcţie de raportul $\frac{P_{kW}^{CP}}{n(\text{rot/min})}$ (fără vană şi regulator de presiune).

Notă. Pentru căderi (H) peste 300 m se vor aplica următoarele sporuri:

— de la 300 la 400 m	10%
— de la 400 la 500 m	15%
— peste 500 m	20%

cît şi pentru generator — dar conduc la o curbă de randament a centralei mai puţin aplatisată. Acest aspect este mai pronunţat la turbinele Francis rapide (căderi joase), la care curba de randament este mai ascuţită, şi mai puţin pronunţat la turbinele Francis lente (căderi mari), care au o curbă de randament mult mai aplatisată. Este deci necesar ca pentru fiecare variantă să se calculeze randamentul mediu şi producţia de energie şi să se introducă în calculul economic efectul respectiv.

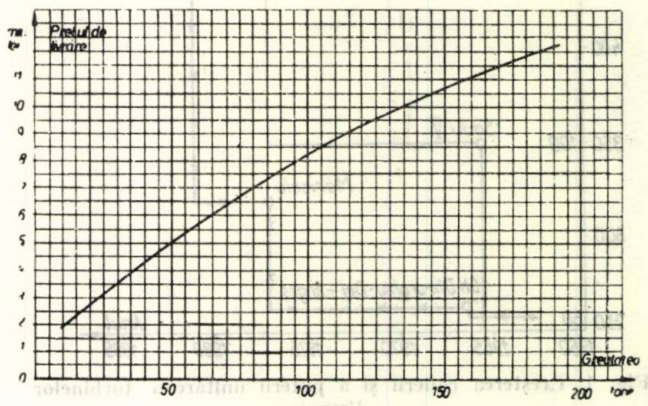


Fig. 4. Preţul turbinelor Francis.

Bibliografie

[1] S i e r v o, F şi de L e v a, F. *Modern trends in selecting and designing Francis-turbines.* În: Water Power, august 1976, p. 28—35.

[2] * * * Bureau of reclamation *Selecting Hydraulic Reaction Turbine.* U.S. Government Printing Office, Washington, 1976.

Concepţii noi la proiectarea centralelor hidroelectrice de joasă cădere

Ing. **E. Parhoti** Ing. **R. Firoiu**
Ing. **I. Bieă** Ing. **Al. Rusev**
Ing. **I. Popa**
— ISPH —

Sarcina proiectanţilor din ţara noastră de a spori eficienţa investiţiilor constituie preocuparea permanentă a lucrătorilor Secţiei de amenajări hidroenergetice de joasă cădere din ISPH, în efortul permanent de elaborare a proiectelor pentru centralele hidroelectrice fluviale de pe Dunăre şi cele de joasă cădere de pe rîuri interioare.

Principalele realizări privind introducerea progresului tehnic în proiectele ce se elaborează, precum şi căutarea de soluţii care să conducă la economii de materiale deficitare sînt prezentate, pe specialităţi, în cele ce urmează.

1. Centralele hidroelectrice de pe Dunăre

1.1. *Partea de dispoziţie generală şi de construcţii*

Concepţiile noi de proiectare a centralelor hidroelectrice de pe Dunăre se referă atît la dispoziţia generală a centralei în cadrul nodului hidrotehnic, cît şi la alcătuirea blocurilor de agregate şi a blocului de montaj.

a) Din condiţia ca blocul de montaj să nu fie în frontul de retenţie, ca şi din condiţia de acces

a echipamentului greu și al personalului de exploatare, a legăturilor LEA scurte cu stația de conexiuni, a racordurilor conductelor tuturor instalațiilor, s-a impus ca, în cadrul nodului hidrotehnic, centrala să fie amplasată la mal. Această dispoziție se impune din punct de vedere tehnico-economic, și numai considerente de ordin hidraulic pot conduce la renunțarea la acest deziderat.

b) Blocul de comandă al centralei se amplasează pe blocul de montaj, soluție care s-a dovedit, în cursul analizelor efectuate, că asigură legăturile cele mai eficiente, iar camera de comandă este protejată de vibrațiile agregatelor, în cazul în care aceasta s-ar amplasa pe un bloc cu agregate.

c) Centralele care se proiectează pe Dunăre au un număr minim de 16 agregate și se împart în blocuri de cîte două agregate. La această soluție s-a ajuns avîndu-se în vedere dimensiunile în spațiu ale blocurilor, condițiile de betonare, analiza eforturilor termice din beton, condițiile de stabilitate a blocurilor, precum și considerente de ordin tehnologic.

d) Centralele fluviale cu număr mare de agregate necesită, pentru perioada inițială, suprafețe mari de montaj. Aceste suprafețe se proiectează și se realizează ca niște construcții provizorii, pentru perioada definitivă rămînînd numai platforma necesară în exploatare, care se proiectează, prin urmare, ca o construcție definitivă.

e) Analiza tehnico-economică a tipului de centrală cu pod rulant pentru montajul echipamentului care circulă într-o încăpere acoperită, în comparație cu tipul de centrală cu macara-portal care introduce echipamentul greu la blocul de montaj prin trape, a condus la concluzia că se impune soluția cu pod rulant. Aceasta a rezultat din considerente economice, de consum de materiale deficitare (metal), de protecție a echipamentului pe timpul montajului, de reducere a timpului de montaj, precum și ținîndu-se seama de preferința exploatării pentru execuția reparațiilor aproape continue la un număr atît de mare de agregate într-un spațiu închis.

f) Pentru introducerea echipamentului greu în centrală, soluția preferată și convenabilă pentru factorii interesați este accesul direct al mijloacelor de transport pe platforma de montaj din blocul de montaj. Această rezolvare, deși necesită un drum în pantă și în debleu, cu probleme de infiltrații, evită transbordările de piese grele, scurtează timpul de montaj și nu solicită mijloace de ridicare suplimentare. Ea s-a impus ca primă soluție de introducere a echipamentului pentru centralele de pe Dunăre-aval.

g) În proiectarea centralelor de pe Dunăre se urmărește cu perseverență mărirea procentului de prefabricate. La centrala Porțile de Fier II se utilizează elemente de prefabricate pentru galeriile din radier, galeriile și puțurile pentru colectarea apelor din rosturi, podul de șosea peste centrală, toate scările de acces, cofrarea planșeelor din stația de pompare din blocul de montaj, planșeele din anexa-aval, grinda de rulare, grinzile de acoperiș, balustrade, capace și altele. Aceste prefabricate au un volum total de 8—10 mii m^3, ceea ce reprezintă circa 0,1% din volumul total al centralei.

h) Evacuarea apelor de infiltrație din centrală, ca și golirea circuitului hidraulic pentru revizii se fac cu pompele din stația de pompare a centralei.

La centrala Porțile de Fier I a trebuit să se realizeze măsuri deosebite de siguranță împotriva unor eventuale inundații, după execuția centralei, în condiții foarte dificile. La centralele următoare, accesele pentru echipament și pentru personal în stația de pompare s-au proiectat astfel încît orice inundare a stației de pompare să nu influențeze funcționarea agregatelor din centrală. În acest fel s-a evitat prevederea a o serie de uși etanșe, clapete, care s-au dovedit ineficiente în exploatare.

i) Pentru centrala Porțile de Fier II și, în continuare, pentru restul centralelor de pe Dunăre, s-a trecut la optimizarea lungimii prizei și a bazinului de liniștire. Prin încercări pe model în laboratorul hidraulic s-au determinat pierderile de sarcină pentru mai multe lungimi de priză și cote ale bazinului de liniștire, iar acestea, comparate cu investițiile respective, au condus la optimizarea lungimii centralei și a bazinului-aval.

j) Prin accesul în pantă pe platforma de montaj, înălțimea suprastructurii centralelor fluviale s-a redus la minimum, fiind de circa 5,0 m, corespunzător înălțimii podului rulant, conducînd astfel la un volum destul de mic de beton în construcții subțiri.

k) Din studierea a mai multor variante, împreună cu furnizorul de echipament, și ținînd seamă de spațiile care rezultă deasupra circuitului hidraulic, s-a ajuns la o dispoziție unică a echipamentelor auxiliare în toate blocurile centralei. Echipamentul mecanic auxiliar al agregatului este plasat pe trei niveluri, în partea din amonte a sălii mașinilor, iar echipamentul auxiliar general al centralei în aval, împreună cu echipamentul electric, tot pe trei niveluri. Această soluție conduce la avantaje de exploatare, montaj și proiectare.

O parte din concepțiile de proiectare enumerate mai sus au devenit principii de proiectare pentru centralele fluviale de pe Dunăre, conducînd la mărirea randamentului și a eficienței activității de proiectare, precum și la folosirea timpului de proiectare pentru îmbunătățirea în continuare a soluțiilor tehnice din proiecte.

1.2. *Echipamente*

1.2.1. *Echipamente mecanice.* În vederea folosirii întregului potențial hidroenergetic la centralele în curs de proiectare pe Dunăre (SHEN Porțile de Fier II și CHE Turnu Măgurele), s-a prevăzut echiparea acestora cu hidroagregate de tip bulb , care asigură un domeniu de funcționare de la căderi de 10—12 m pînă la cîțiva metri, domeniu pe care nu-l poate asigura nici un alt tip de turbină. Pe lîngă aceasta, turbinele-bulb mai prezintă următoarele avantaje :

— o foarte bună valorificare a energiei hidraulice, datorită traseului rectiliniu al circuitului hidraulic, care duce la randamente mai ridicate în comparație cu turbinele verticale;

— se îmbunătățesc parametrii de bază ai turbinei: debitul unitar, turația unitară și înălțimea de aspirație. Mărirea debitului unitar permite, în comparație cu turbinele verticale, micșorarea diametrului turbinei, care, împreună cu reducerea înălțimii de aspirație, conduce la reducerea volumului centralei, deci a consumului de beton. Mărirea turației unitare permite o mărire a turației generatorului, deci reducerea greutății acestuia;

— se simplifică configurația construcției centralei, prin eliminarea cotului aspirator; lucrările de montaj pot începe chiar imediat după turnarea radierului, etc.

Pentru protejarea agregatului împotriva ambalării la priză s-au prevăzut vane cu închidere rapidă, individuale, pe fiecare hidroagregat, acționate cu servomotoare. În cazul centralelor proiectate de pe Dunăre, aceste vane sînt de dimensiuni foarte mari și constituie un record pe plan mondial.

În vederea reparării vanelor rapide, s-a prevăzut un set de batardouri, care se montează în nișele grătarelor, după scoaterea acestora.

Pentru îmbunătățirea parametrilor hidraulici s-a adoptat un aspirator tronconic, prevăzut la ieșire cu o nișă în care se pot introduce elementele batardoului-aval. În acest fel, întregul circuit hidraulic poate fi pus la uscat între cele două batardouri (amonte-aval), iar toate echipamentele cuprinse în acest spațiu pot fi supuse reparațiilor în condiții optime.

Pentru montaj s-a adoptat soluția cu două puțuri de acces spre hidroagregat — unul spre turbină, iar altul spre hidrogenerator. Acest sistem are avantajul că se poate lucra independent și în paralel la turbină și generator, ceea ce duce evident la scurtarea duratei de montaj. S-a prevăzut ca montajul hidroagregatului să se facă cu ajutorul a două poduri rulante de 250 tf. Acest lucru permite ca pe platforma de montaj să se execute premontarea întregului generator (subansamblul cel mai greu), care se transportă spre puțul de montaj cu ajutorul celor două poduri rulante, cuplate printr-o traversă de 2 ×250 tf.

1.2.2. *Echipamente electrice.* Hidroagregatul de tip bulb, adoptat pentru echiparea noilor centrale de pe Dunăre, nu mai este constituit printr-o simplă cuplare a două mașini — turbina hidraulică și generatorul clasic. El este o mașină unică și ridică probleme noi, atît de realizare, cît și de montaj și de exploatare. Caracteristic pentru agregatul-bulb este faptul că pînă în prezent nu se pot executa unități mai mari de circa 60 MVA și cu tensiuni de peste 6—7 kV, fapt care influențează în mod deosebit partea electrică a centralelor echipate cu astfel de agregate. Datorită numărului mare de agregate (2 ×8 buc. la SHEN Porțile de Fier II și 10 buc. la CHE Turnu Măgurele), schema electrică a centralei este mai amplă, necesitînd cuplarea a cîte două generatoare pe un transformator ridicător, avînd fie două înfășurări (SHEN Porțile de Fier II), fie trei înfășurări, din care două primare (CHE Turnu Măgurele). În acest din urmă caz, în afara reducerii costului, se obține și o micșorare ca curenților de scurt-circuit.

Dispoziția echipamentelor electrice într-o centrală echipată cu agregate de tip bulb este foarte diferită de cea clasică. Generatoarele fiind montate la niveluri mult mai joase, legăturile dintre acestea și stațiile de conexiune spre care debitează sînt mai lungi și mai anevoioase, necesitînd legături de construcție specială, în bare izolate de gabarit redus. De regulă s-a reușit ca la aceste centrale tot echipamentul electric să fie comasat în partea aval, separat de partea mecanică, care se află amplasată la nivele inferioare sau în partea amonte.

Serviciile proprii, în număr mai mare față de centralele clasice, ca și consumatorii de energie electrică existenți în cadrul amenajărilor fluviale (ecluze, baraje, stații de conexiuni și transformare) sînt alimentați prin scheme ce au drept surse atît agregatele, rețeaua locală, cît și centrala vecină (iugoslavă sau bulgară), cu care există o legătură în 6 kV pentru schimb reciproc de energie în scopul alimentării în caz de nevoie.

Ca o consecință a numărului mare de agregate-bulb din centrală, și concepția alimentării serviciilor proprii este schimbată. Astfel, în această situație nu mai este rațională crearea unei bare de servicii proprii pentru fiecare agregat, apărînd indicat ca aceasta să fie comună agregatelor dintr-un bloc. În acest fel, siguranța unui agregat scade, dar, mai important, scad simțitor și investițiile în echipamente (transformatoare și panouri de forță).

Un alt aspect particular al acestor centrale îl constituie ponderea mai mare a consumului serviciilor proprii generale, și din acesta cel pentru încălzire și ventilație.

Stațiile de conexiuni de înaltă tensiune de 110 kV de la SHEN Porțile de Fier II și de 220 kV de la CHE Turnu Măgurele sînt ampla-

sate pe mal în imediata apropiere a centralelor respective. Legăturile dintre transformatoarele principale situate pe platforma-aval a centralelor și aceste stații s-a reușit a se realiza aerian, spre deosebire de SHEN Porțile de Fier I, unde acestea sînt realizate în cablu de 220 kV. În acest fel s-a obținut o importantă reducere a efortului valutar.

2. Centrale hidroelectrice pe rîuri interioare

2.1. *Partea de dispoziție generală și de construcții*

Dacă pentru centralele cascadei de pe Bistrița, ale cascadei de pe Argeș, sau centralele Dăiești, Rîmnicu Vîlcea, Govora și Rîureni de pe Olt soluțiile constructive promovate prin proiectele ISPH prevedeau utilizarea tehnologiilor clasice, și mai ales a betonului monolit, în peste 95% din volumul lucrărilor de beton, în ultima perioadă s-a trecut la reanalizarea acestor soluții, împreună cu proiectanții tehnologi și executantul. Astfel, numai pentru centralele în curs de execuție Băbeni, Zăvideni, Drăgășani, Strejești și Arcești de pe rîul Olt, precum și Budeasa pe rîul Argeș, s-au economisit — prin reanalizarea mărcii betoanelor, folosirea oțelurilor de marcă superioară, coeficienților geotehnici reali la terenul de fundare, revederea coeficienților de siguranță, introducerea calculelor statistice prin calculatorul electronic etc. — cantități însemnate de ciment (circa 5000 t), oțel-beton (circa 1500 t) și lemn (circa 100 m^3), cu menținerea în limite acceptabile a siguranței în exploatare a acestor construcții.

Pentru centralele proiectate după septembrie 1976 s-au avut în vedere o serie de elemente noi, care să ducă la folosirea mai judicioasă a spațiilor tehnologice, la restrîngerea pe cît posibil a acestora, la concentrarea spațiilor auxiliare necesare pentru serviciile proprii ale centralei etc. O atenție deosebită a început să fie acordată folosirii materialelor ușoare și prefabricate, care, pe lîngă faptul că solicită mai puțin elementele structurii de rezistență, conduc la o reducere substanțială a manoperei și duratei de execuție.

Probleme deosebite de alcătuire și rezolvare a detaliilor tehnice s-au pus proiectanților la centrala hidroelectrică Slatina — prima centrală din țară echipată cu un grup de tip bulb clasic și un grup de tip bulb reversibil. Această centrală reprezintă un experiment pentru astfel de lucrări, care va permite să se acumuleze noi cunoștințe în acest domeniu.

La baza concepțiilor de proiectare a structurilor de rezistență ale centralelor în curs de execuție, precum și a celor ce vor fi proiectate pe sectoarele Olt-defileu, Olt-Slatina — Dunăre, Petrești pe rîul Sebeș, Galbeni, Răcăciuni și Berești pe rîul Siret, s-au avut și, respectiv, se vor avea în vedere:

— folosirea elementelor prefabricate de catalog pentru acoperișul clădirii centralelor, atît în soluții de modulare transversală a cadrelor, cît și în soluții de modulare longitudinală a acestora;

—folosirea în continuare a elementelor pretensionate pentru grinzile drumurilor de acces de peste pilele amonte ale centralelor;

— extinderea gamei prefabricatelor de șantier la alcătuirea structurii grinzilor pentru macaralele-portal de pe planșeul anexei aval și pentru mașinile de curățat grătarele sau macaraleportal de pe coronamentul prizelor;

— extinderea prefabricatelor de șantier la infrastructura centralelor, ca: planșeul peste aspiratoare la galeriile de drenaj amonte, puțurile de acces al stațiilor de pompare la galeriile de drenaj, la camerele de încărcare etc.

— renunțarea la amplasarea stațiilor de epuismente și de golire a aspiratoarelor în blocurile de montaj, acestea putînd fi amplasate în anexele din subsolul centralelor;

— restrîngerea dimensiunilor blocurilor de montaj la strictul necesar pentru exploatare și montaj, precum și prevederea la unele blocuri de montaj a fundațiilor izolate, ca fiind cele mai economice;

— studierea posibilității de renunțare la suprastructurile centralelor mici și la podul rulant, urmînd ca la montaj și reparații să fie utilizate automacarale din dotarea întreprinderii de exploatare;

— folosirea, pentru ecranele de etanșare din frontul de retenție, a gel-betoanelor sau pereților de beton mulați, după rețete de laborator mai judicios alcătuite, în vederea reducerii cantității de ciment;

— folosirea cu precădere a oțelurilor de mărci superioare (PC 52 sau PC 60), în vederea reducerii cantității efective de oțel-beton și a necesarului de manoperă pe șantiere;

— utilizarea pe scară largă a calculatoarelor electronice la determinarea solicitărilor în elementele de rezistență;

— studierea folosirii unor soluții noi, care să asigure stabilitatea generală a centralelor situate pe terenuri slabe (argile, nisipuri, prafuri), fără a fi necesară adîncirea radierelor și lestări suplimentare;

— folosirea în continuare a concentrării stației de înaltă tensiune și a transformatoarelor de servicii proprii pe planșeul amenajat al anexei-aval;

— renunțarea, în cadrul amenajărilor exterioare ale centralei, la platformele betonate și înlocuirea acestora cu platforme din macadam îmbunătățit sau chiar macadam ordinar.

2.2. *Echipamente*

2.2.1. *Echipamente mecanice.* La amenajarea rîurilor interioare de cădere mică, spre a beneficia de avantajele hidroagregatelor-bulb, expuse la par. 1.2.1, s-a prevăzut, cu caracter experimental, montarea la CHE Slatina a unui agregat-bulb clasic și unul reversibil.

Pe baza concluziilor ce se vor putea trage atît din experiența de montaj cît și din cea de exploatare a acestei centrale, se va putea trece în continuare la proiectarea centralelor similare. Este necesar, de exemplu, ca prin experimentări să se îmbunătățească parametrii de bază ai turbinelor, și anume: randamentul, debitul unitar, turația unitară, înălțimea de aspirație etc. De asemenea este necesar să se adopte soluții noi de realizare a subansamblelor mari, în vederea reducerii greutății lor, deci a reducerii costului hidroagregatului. Aceasta cu atît mai mult cu cît în aval de Slatina, pe sectorul pînă la Dunăre pe rîul Olt, se vor realiza alte cinci centrale echipate cu agregate-bulb reversibile, impuse de necesitatea irigării cu apa din Dunăre a unor zone agricole importante.

La centralele echipate cu hidroagregate Kaplan verticale, s-au făcut unele raționalizări în vederea reducerii volumului construcțiilor. De exemplu, la centralele de pe Olt în aval de Băbeni, s-a redus o travee din blocul de montaj, iar gospodăriile anexe, care erau amplasate în această travee la centralele similare din amonte, s-au amplasat mai compact în spațiile noi rezultate. Cu această ocazie s-a constatat că această soluție nu a dus la micșorarea gradului de siguranță în funcționare a centralei. Accesul la unele echipamente este mai dificil, dar acest lucru duce numai la o neînsemnată lungire a duratei de reparație a echipamentului respectiv. Mai dificile apar problemele de montaj și reparații capitale, dar prin prevederea unei platforme exterioare și a unor uși de mari dimensiuni, care permit montarea sau scoaterea unor ansamble ancombrante în afara centralei, se consideră că și aceste greutăți vor fi înlăturate prin raționalizarea operațiilor respective.

2.2.2. *Echipamente electrice.* În baza experienței de proiectare dobîndită la elaborarea proiectelor centralelor din cascadele Bistrița și Argeș, pe cascada Oltului mijlociu s-a reușit să se obțină o uniformizare a părții electrice a acestor centrale (scheme, dispoziția generală etc.). Aceasta a permis în final elaborarea unui proiect directiv aplicabil în cazul centralelor echipate cu două agregate verticale de tip Kaplan și cu o stație de 110 kV avînd o singură LEA de 110 kV.

La proiectarea părții de automatizare, atenția s-a concentrat asupra reducerii numărului de dulapuri, prin utilizarea unui aparataj nou și printr-o mai judicioasă dispoziție a acestuia. Față de soluția clasică de amplasare a dulapurilor de comandă în sala mașinilor, de-a lungul peretelui longitudinal aval, în ultima perioadă s-a trecut la gruparea acestora într-o încăpere rezultată constructiv în anexa-aval a centralei, ceea ce permite o mai bună supraveghere a funcționării agregatelor, reducerea temperaturii mediului ambiant în sala mașinilor etc.

Ca o soluție mai deosebită se poate menționa încălzirea sălii mașinilor cu aerul cald dat de generatoarele în funcțiune. Pentru aceasta s-au practicat orificii speciale în capacele metalice de acoperire a generatoarelor verticale.

Centrala Slatina, echipată cu agregate de tip bulb, prezintă multe particularități față de centralele clasice, atît în ceea ce privește generatoarele și instalațiile lor de excitație, cît și dispoziția generală a echipamentelor.

Se menționează în mod deosebit adoptarea, pentru excitația generatoarelor, a unui sistem static format din punți cu tiristoare alimentat dintr-un transformator racordat la bornele generatorului respectiv.

★

Cele expuse mai sus reprezintă principalele preocupări ale proiectanților din ISPH pentru îmbunătățirea soluțiilor privind centralele de de joasă cădere. Ele nu sînt însă nici singurele și nici ultimele. Pentru lucrările în perspectivă se conturează soluții noi, cu eficiență sporită.

Metode prospective în alegerea turbinelor hidraulice

Ing. **Al. Wechsler**
— ISPH —

Prognoza tehnologică

După cel de-al doilea război mondial, în tehnică și știință a apărut un instrument de studiu nou, a cărui importanță a crescut tot mai mult, mai ales după 1960 — prognoza tehnologică. Aceasta își propune să furnizeze indicații cu privire la tendințele de perspectivă ale tehnicii, să prevadă cît mai precis natura și efectele posibile ale evoluției ei cantitative și calitative, influențînd totodată, în mod efectiv, progresul tehnic.

După o definiție mai riguroasă, prognoza tehnologică este estimarea probabilistică a transferurilor (salturilor) de tehnologie viitoare. O prognoză este deci o afirmație probabilistică asupra viitorului, cu un grad de certitudine relativ ridicat (și nicidecum o prezicere sau o anticipație).

Prognoza tehnologică, sau, în sens mai larg, prospectiva, și-a găsit aplicații nu numai în știință și tehnologie, dar și în economie și chiar în sociologie; indiferent însă de domeniul de acțiune, principiile, metodele și obiectivele prospectivei rămîn aceleași.

Valoarea prognozei tehnologice este demonstrată prin confirmarea în timp a unui mare număr de prognoze, precum și prin contribuția pe care o aduce la stabilirea strategiilor pe termen lung.

Ea poate servi ca auxiliar în proiectare, în planificare, în stabilirea obiectivelor inovării tehnologice, în optimizarea, orientarea și accelerarea dezvoltării, precum și în prevederea așa-numitelor „străpungeri tehnologice".

Prognoza tehnologică și planificarea cantitativă și calitativă manifestă o pregnantă tendință de integrare (ceea ce ar putea duce chiar la dispariția prognozei ca disciplină în sine).

„Materia primă" de bază pentru prospectivă este informația. Iată de ce condiția esențială pentru realizarea unor prognoze corecte este dezvoltarea sistemului informațional.

În ceea ce privește precizia prognozei tehnologice, se constată că aceasta depinde mult de tehnicile adoptate, de volumul de informații pe care se bazează și de experiența dobîndită pe parcurs. Trebuie însă făcută aici observația că prognoza urmărește mai puțin să prevadă viitoarele realizări sigure sau probabile și mai mult să deducă viitoarele realizări posibile, sau pe care cadrul și condițiile tehnice, sau de altă natură, le fac posibile.

Desigur, precizia relativă a unei prognoze depinde și de orizontul ei de timp. Cu alte cuvinte, o prognoză va fi cu atît mai neprecisă, cu cît se pătrunde mai adînc în viitor. În mod convențional se folosește clasificarea în prognoze pe termen scurt, mediu sau lung. Se poate asigura o precizie bună și o viziune mai clară asupra viitorului prin așa-numitele „prognoze glisante" — prognoze pe termen scurt (max. 15 ani), revizuite periodic.

Prognoza tehnologică cuprinde două mari ramuri — prognoza explorativă, care pornește de la baza actuală de cunoștințe sigure, fiind orientată către viitor, și prognoza normativă, care evaluează în primul rînd obiectivele, necesitățile, dorințele, misiunile viitoare, revenind apoi către prezent.

Valoarea prognozei tehnologice, ca instrument de lucru, se poate afirma, în special, prin îmbinarea componentelor sale explorative și normative, sub forma unui ciclu iterativ sau, în final, a unui sistem în circuit închis (feedback).

În cele ce urmează, însă, nu se tratează decît latura explorativă a prospectivei, prognoza normativă necesitînd cunoștințe și metode mult mai rafinate, o tehnică mai laborioasă și un volum de informații mai bogat.

Metodele prognozei tehnologice

Există în prezent un număr impresionant de metode de lucru, mai mult sau mai puțin perfecționate, în prognoza explorativă.

Utilizarea unor tehnici foarte sofisticate nu constituie nici pe departe o măsură a calității prognozei tehnologice. Adevărata ei valoare poate fi pusă în evidență numai prin alegerea metodei celei mai adecvate pentru fiecare caz în parte, fie că este vorba de metode universale, fie de tehnici ad-hoc, aplicabile în exclusivitate unui sector îngust.

Aplicarea succesivă a mai multor metode de prognoză are rolul de a îmbina și de a sintetiza rezultatele obținute prin diferite tehnici, precum și de a realiza o verificare a acestora.

Există numeroase criterii de clasificare a metodelor de prognoză, dintre care menționăm următoarele trei:

A. După tehnica de lucru

1. Extrapolarea seriilor dinamice:
   - pe bază de modele analogice;
   - fenomenologică;
   - metoda curbelor înfășurătoare.
2. Metode analogice:
   - analogia istorică;
   - analogia cu fenomene precursoare (cauzale);
   - analogia între fenomene simultane.
3. Prognoza probabilistică.
4. Reprezentarea contextuală — independentă de timp.
5. Alte metode (cercetarea morfologică, redactarea scenariilor, analiza economică, metodele operaționale, prognoza sintetică).

B. După scopul urmărit, se disting, deși nu la fel de net:

1. Prognoza performanțelor.
2. Determinarea parametrilor tehnici, economici și funcționali.
3. Delimitarea domeniilor caracteristice.
4. Prognoza calitativă.
5. Prognoza conceptuală.

C. Dacă se are în vedere forma de prezentare, prognozele se pot realiza:

1. Prin funcții de o singură variabilă.
2. Prin funcții de mai multe variabile.
3. Prin diagrame zonale.
4. Prin metode ilustrative.
5. Prin alte metode speciale.

Dintre metodele enumerate, o remarcă specială merită cele bazate pe extrapolarea seriilor dinamice, mai simple, mai sugestive și se pare că și cel mai frecvent folosite.

Ele se bazează pe caracterul vădit determinist al evoluției științei și tehnicii și pe speranța intuitivă că efectul factorilor care au condus la o anumită tendință în decursul unei perioade din trecut se va perpetua și în viitor.

În tehnică și în general în orice proces dinamic, un mare număr de fenomene cantitative prezintă o creștere exponențială sau aproape exponențială în funcție de timp, urmată de o aplatisare a curbei la apropierea de o valoare limită sau de saturare (curbe în S sau logistice). Într-o reprezentare semilogaritmică cu scală de timp liniară, curba exponențială se prezintă sub forma unei drepte și este deci foarte indicată pentru extrapolare.

Există numeroase metode de deducere analitică a alurii de evoluție a fenomenelor tehnice în acest mod. Majoritatea se bazează pe analogii (Adams — cu efectul produs de o forță suplimentară asupra unui sistem de forțe aflat în echilibru, Hartman — cu procesele de reacție din gaze, Lenz — cu creșterea unei populații biologice în condiții de constrîngere etc.).

În general, forma de evoluție a fenomenelor de acest tip urmează o lege matematică simplă, de forma:

$$I = \frac{L}{1 + a \cdot e^{-b \cdot t}}, \qquad (1)$$

unde:

I este stadiul parametrului la momentul t;
L — limita superioară a parametrului (impusă de restricții);
a, b — constante (determinate tot pe bază de restricții).

Există modele de creștere care, în aparență, se deosebesc de acesta. În realitate, aceasta se datorește intervalului de timp prea mic (decupajului), care nu permite să se constate alura generală a curbei.

În ceea ce privește perioada de extrapolare, unii autori recomandă ca aceasta să nu depășească perioada din trecut, asupra căreia există date disponibile, iar alți autori, o treime din această perioadă. Asemenea criterii sînt însă foarte artificiale.

Metode prospective în alegerea turbinelor hidraulice

În timp ce în unele domenii conexe, ca, de pildă, în prognoza consumului de energie sau în hidrologie, metodele prospective au devenit deja un auxiliar indispensabil, în construcția de mașini, și în speță în ramura mașinilor hidraulice, prognoza tennologică este, se pare, un domeniu neexplorat la noi.

În cele ce urmează se prezintă cîteva tentative de aplicare a metodelor prospective în domeniul turbinelor hidraulice.

Se sugerează deocamdată folosirea prognozei doar în alegerea tipului sau a unor parametri ai turbinelor. Pe viitor însă, odată cu crearea unui sistem informațional mai evoluat și cu perfecționarea și implementarea metodelor prospective, ele ar putea deveni un auxiliar în concepția și proiectarea turbinelor hidraulice, a echipamentelor hidromecanice și chiar în hidroenergetică în general.

Exemple

Iată mai întîi cîteva exemple sugestive de extrapolare a seriilor dinamice.

Figura 1 evidențiază tendința continuă, din ultimii 40 de ani, de extindere a domeniului de utilizare a turbinelor Francis spre căderi din ce în ce mai mari*).

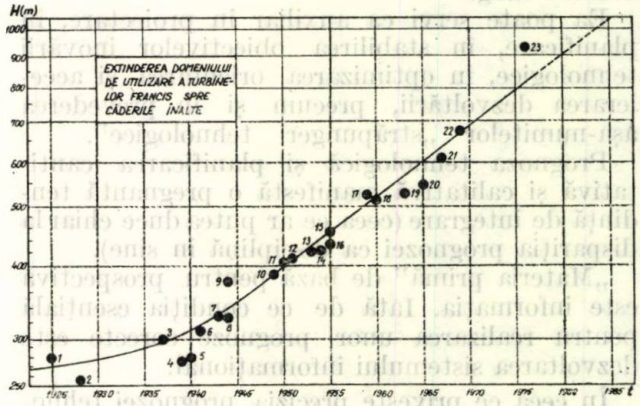


Fig. 1

Este o diagramă exponențială tipică, care, în coordonate semilogaritmice, devine liniară. Căderile care se deduc prin extrapolare pentru anii '80 sînt de-a dreptul amețitoare, dar apariția turbinelor-pompă multietajate, la care căderile mai mari de 1000 m vor fi probabil frecvente, confirmă această tendință.

În figura 2 s-a reprezentat evoluția unor parametri ai turbinelor-bulb cu tendințele ce se conturează pentru viitor. S-a folosit scara uniformă, pentru a scoate în evidență alura diferită și totodată tipică de evoluție a fenomenelor în tehnică. Se observă o tendință de creștere moderată, în continuare, a tuturor parametrilor, orientată probabil spre plafonare. Totuși, surprizele datorate unor eventuale „străpungeri tehnologice" nu sînt excluse. (O prognoză din 1961, de pildă, indica, pentru puterea turbinelor bulb, limita maximă de 30 MW, or astăzi s-a trecut de 50 MW. Asemenea afirmații hazardate trebuie evitate).

Tot o curbă de prognoză a performanțelor, de astă dată mai degrabă calitative, înfățișează și figura 3. Este vorba despre evoluția randamentelor maxime curente ale turbinelor, începînd de la apariția lor pînă azi.

Fenomenul avînd o limită absolută cunoscută anticipat — unitatea — , poate fi perfect descris de o curbă în S și chiar exprimat analitic printr-o formulă de tip (1).

Se constată că, în opoziție cu unele păreri, randamentele maxime ale turbinelor mai pot fi încă îmbunătățite.

Figura 4 reprezintă un exemplu de prognoză analogică — analogia între evoluția puterii maxime a turbinelor hidraulice și a tonajului maxim al navelor comerciale.

O asemenea asociere de fenomene ar putea părea, la prima vedere, forțată și neverosimilă. La o analiză mai profundă, se pot constata însă numeroase similitudini de natură formală (aceeași alură a curbelor de evoluție**), economică (influența crizei energetice mondiale) și mai ales tehnică (perfecționarea tehnologiilor de sudură, mecanizarea și automatizarea fabricației și exploatării etc.), care să poată justifica cel puțin o prognoză pe termen scurt. Se întrevede o tendință de creștere

*) Punctele din diagramele 1—4 reprezintă turbine de performanță puse în funcțiune în anii respectivi.

**) Concavitatea din centrul diagramei se datorează influenței nefaste a războiului asupra dezvoltării tuturor ramurilor industriale.

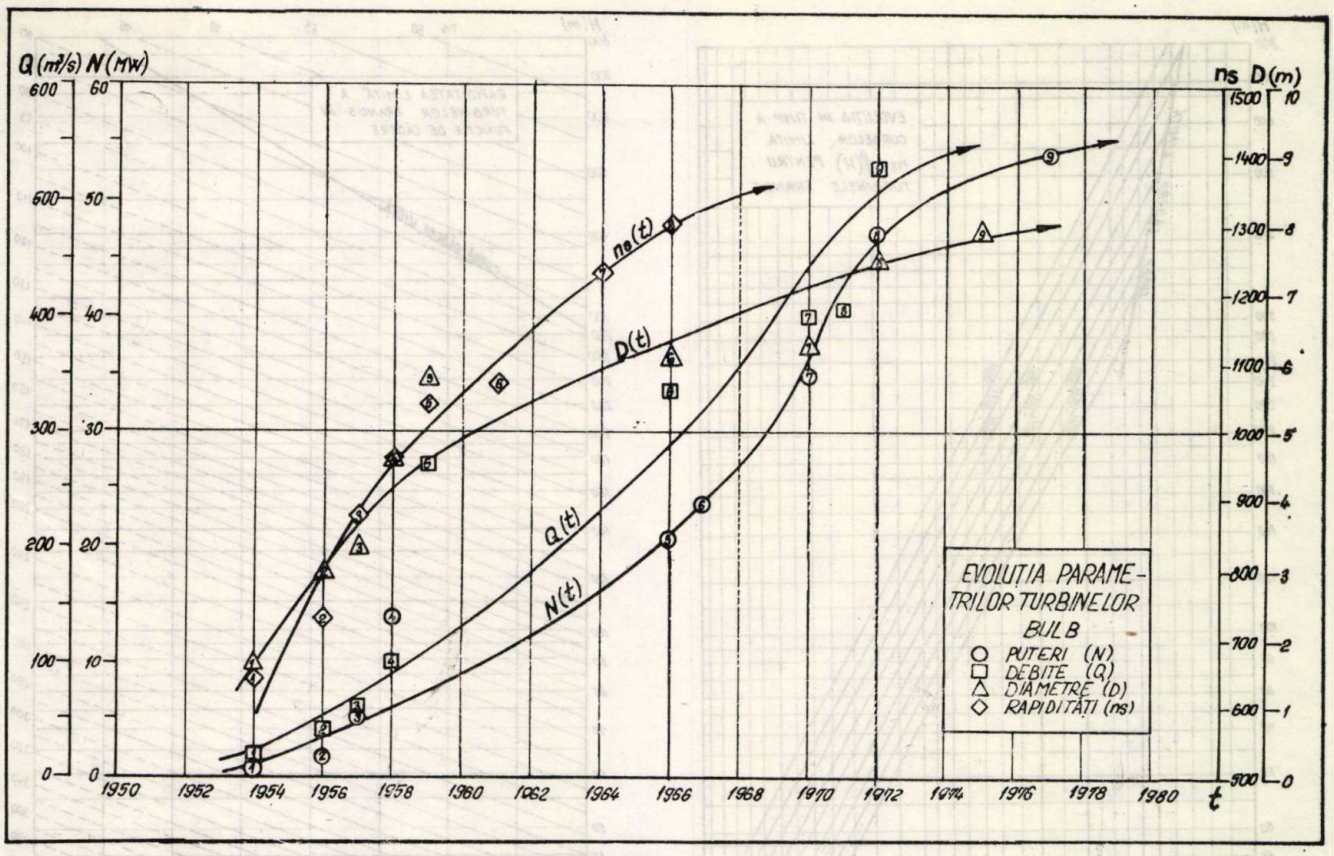


Fig. 2

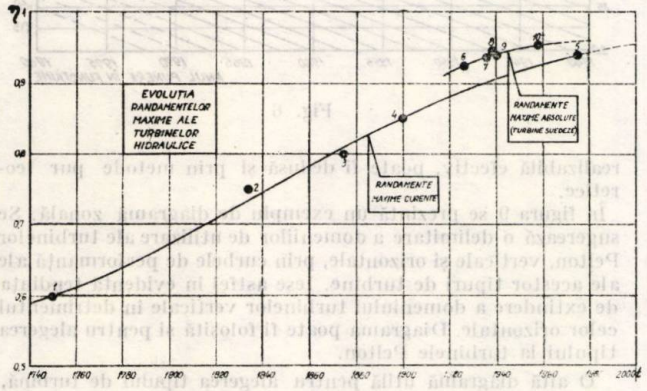


Fig. 3

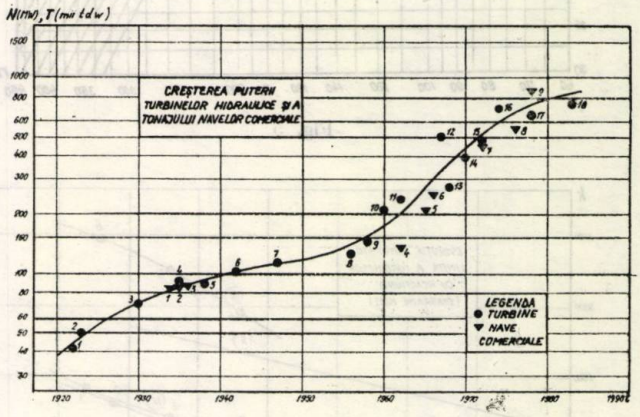


Fig. 4

încetinită, urmată de plafonare, desigur din motive diferite pentru cele două evoluții.

Figurile 5 și 6 constituie modele de reprezentare prin funcții de două variabile — procedeul cel mai adecvat pentru diagramele de calcul (abace).

Ele se referă la evoluția curbelor $n_s = f(H)$ pentru turbinele Francis, curbe folosite pentru alegerea turației specifice a turbinelor, cunoscînd căderea.

Diagrama din figura 5 s-a obținut prin prelucrarea statistică a datelor de referință (circa 700 de turbine cu puterea peste 4 MW realizate de 12 firme europene, americane și japoneze în perioada 1940—1970).

Pe baza ei s-a construit diagrama din figura 6, care este, practic, o abacă pentru alegerea rapidității limită a turbinelor, cunoscînd anul punerii în funcțiune*). Este un exemplu care demonstrează cum poate deveni prognoza un auxiliar în proiectare.

Diagrama din figura 6 poate fi reprezentată și mai simplu, printr-o funcție de o singură variabilă de forma $K(t)$, unde K este definit de o relație de tipul:

$$n_s = K.H^a \qquad (2)$$

Diagrama precedentă se transformă în curba *II* din figura 7.

În aceleași coordonate s-au trasat și extrapolat și curbe preconizate de alți autori (Mermel pentru turbine Francis produse în S.U.A. — *I*, de Siervo și de Lieva pentru turbine Francis — *III* și Kaplan — *IV*).

Se constată că diagrama din figura 6, care la prima vedere ar fi putut părea îndrăzneață, devine curba *II*, care prezintă panta (tendința de creșterea a rapidității) cea mai moderată în comparație cu celelalte curbe.

*) În figurile 5 și 6 s-a trasat și curba căderii-limită din figura 1.

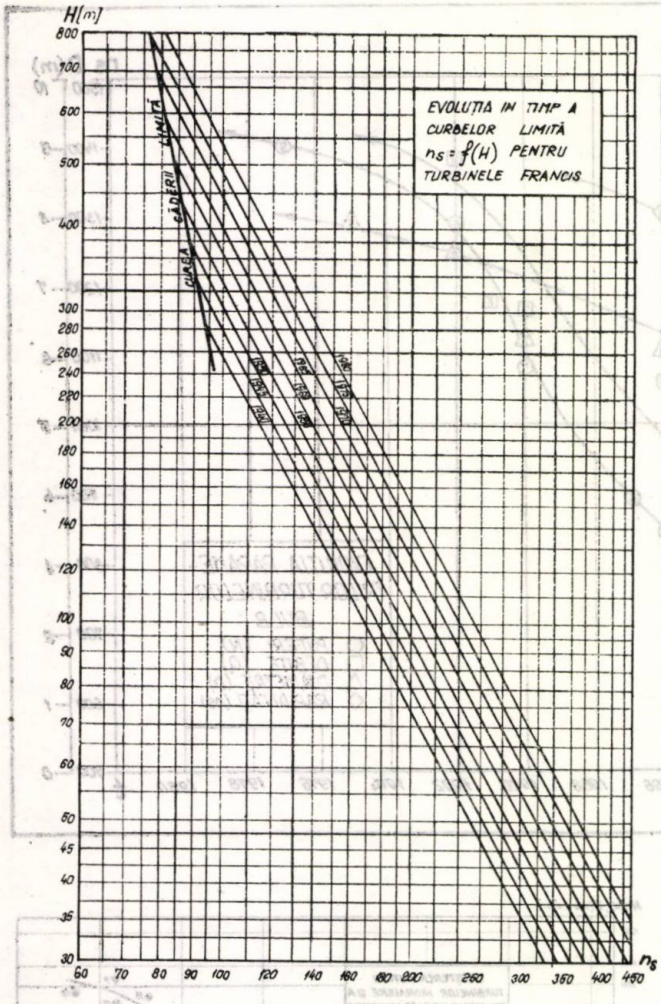


Fig. 5

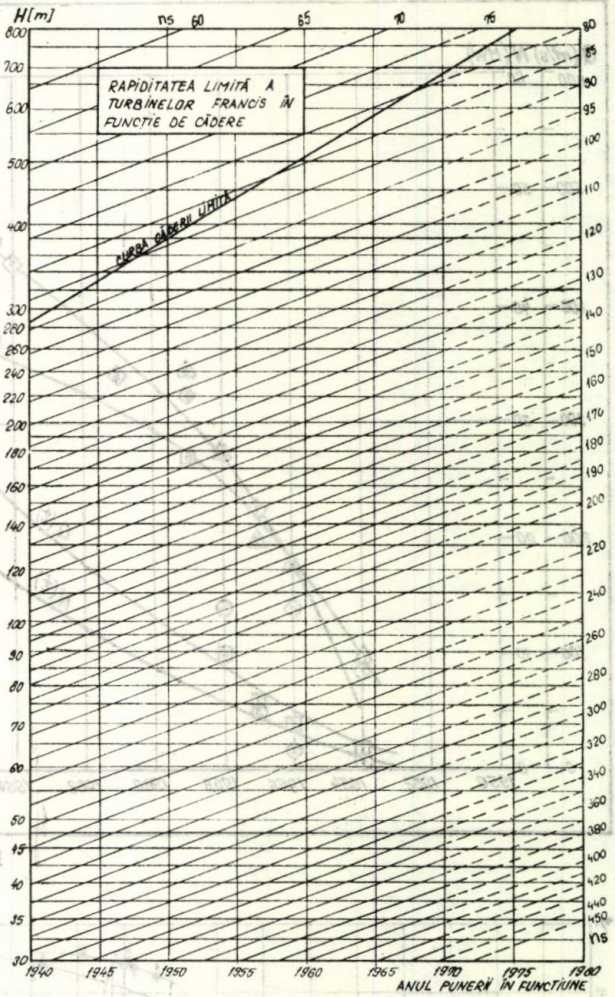


Fig. 6

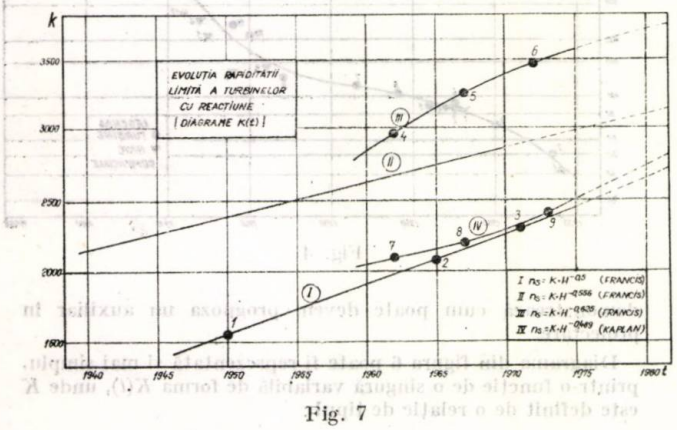


Fig. 7

Tot la evoluția rapidității se referă și figura 8, aici fiind vorba, însă, despre rapiditatea maximă a turbinelor în general.

S-a folosit metoda curbelor înfășurătoare, adecvată studierii fenomenelor complexe, în care tendința generală se evidențiază ca o rezultantă a tendințelor particulare.

În cazul rapidității, extrapolînd tendința istorică de apariție și dezvoltare a unor tipuri de mașini din ce în ce mai rapide, se poate prevedea crearea unor turbine cu n_s din ce în ce mai mare, tinzînd spre 1500, și chiar apariția unor tipuri noi de mașini, hiperrapide. De altfel, asemenea turbine au și fost experimentate în laborator, iar valoarea $n_{s\,max} \simeq 1500$, realizabilă efectiv, poate fi dedusă și prin metode pur teoretice.

În figura 9 se prezintă un exemplu de diagramă zonală. Se sugerează o delimitare a domeniilor de utilizare ale turbinelor Pelton, verticale și orizontale, prin curbele de performanță ale ale acestor tipuri de turbine. Iese astfel în evidență tendința de extindere a domeniului turbinelor verticale în detrimentul celor orizontale. Diagrama poate fi folosită și pentru alegerea tipului la turbinele Pelton.

O altă diagramă utilă pentru alegerea tipului de turbină, dar bazată pe metode probabilistice, este prezentată în figura 10. Ea indică probabilitatea echipării centralelor cu turbine Pelton (în zona de tranziție dintre domeniul turbinelor Francis și Pelton). Diagrama s-a construit pe baza repartiției puterii instalate între cele două tipuri de turbine*). Din figură reiese tendința de înlocuire a turbinelor Pelton prin turbine Francis la căderi din ce în ce mai mari. Totodată ea furnizează un criteriu în plus pentru alegerea tipului de turbină în această zonă.

Figurile 11 și 12 oferă exemple pentru modul de urmărire a evoluției corelate a unor parametri tehnico-economici. În prima se prezintă două cazuri de perechi de parametri care se influențează univoc. Este un exemplu de reprezentare contextuală, independentă (aparent) de timp. Cea de-a doua — de fapt doar o sugestie de prognoză — evidențiază influența a doi parametri tehnico-economici (prețuri) asupra unuia pur tehnic (dimensional) și tendința opusă, care ar trebui să caracterizeze fenomenul la noi în țară și pe plan mondial.

*) Curba „100 % — Pelton" este identică cu cea din figura 1.

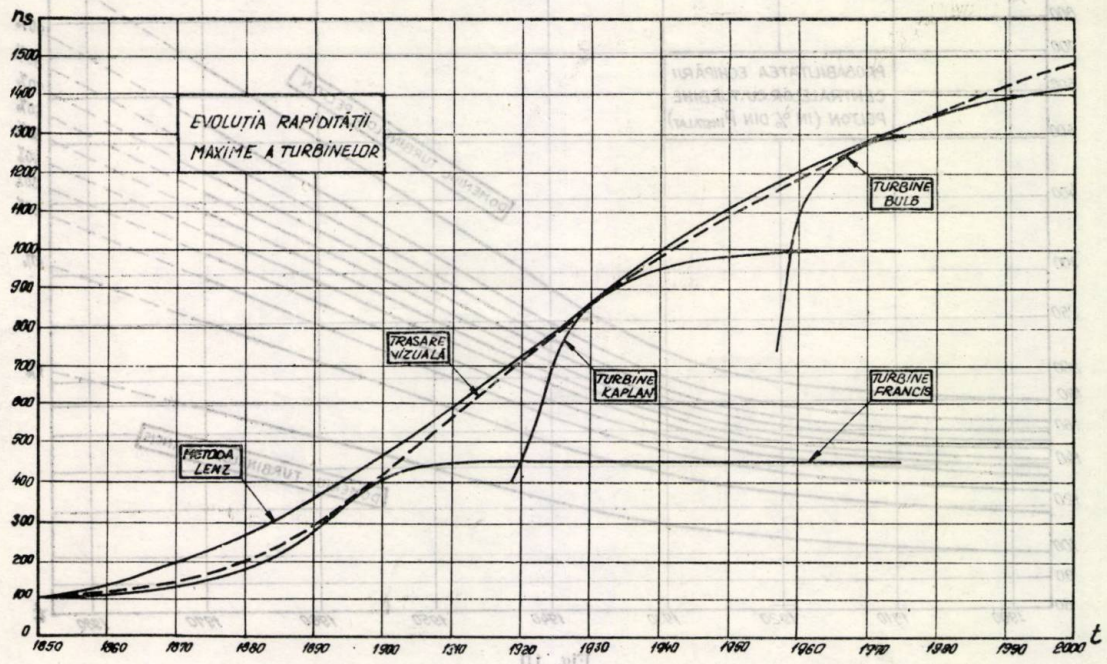

ns
EVOLUȚIA RAPIDITĂȚII MAXIME A TURBINELOR
TRASARE VIZUALĂ
METODA LENZ
TURBINE KAPLAN
TURBINE FRANCIS
TURBINE BULB
t

Fig. 8

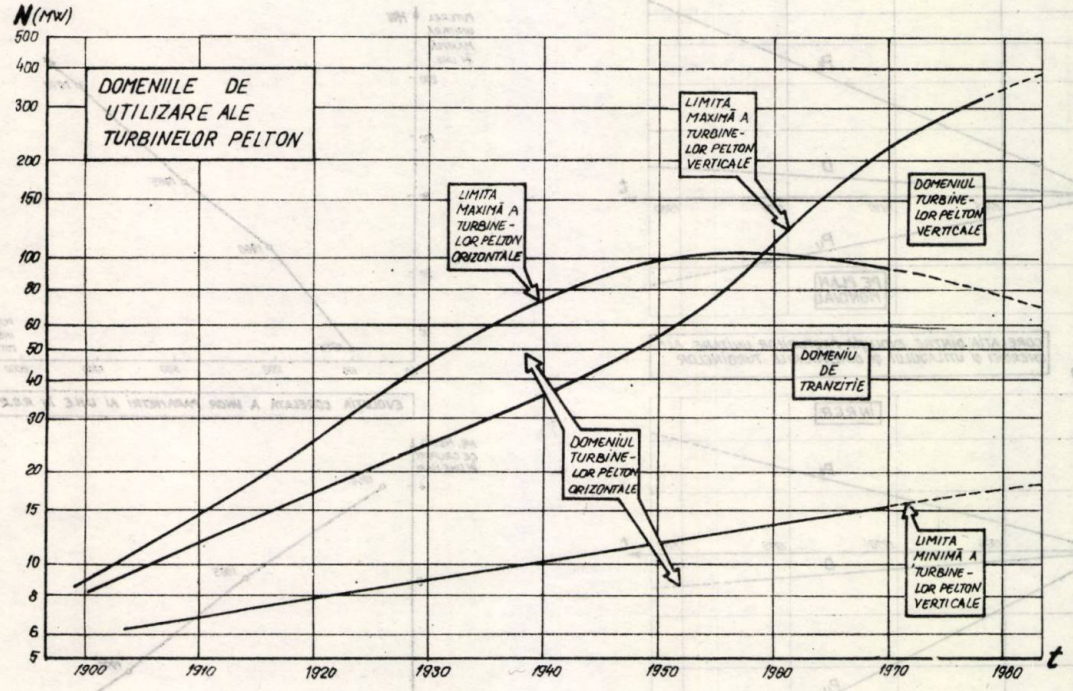

N(MW)
DOMENIILE DE UTILIZARE ALE TURBINELOR PELTON
LIMITA MAXIMĂ A TURBINE-LOR PELTON ORIZONTALE
LIMITA MAXIMĂ A TURBINE-LOR PELTON VERTICALE
DOMENIUL TURBINE-LOR PELTON VERTICALE
DOMENIU DE TRANZIȚIE
DOMENIUL TURBINE-LOR PELTON ORIZONTALE
LIMITA MINIMĂ A TURBINE-LOR PELTON VERTICALE
t

Fig. 9

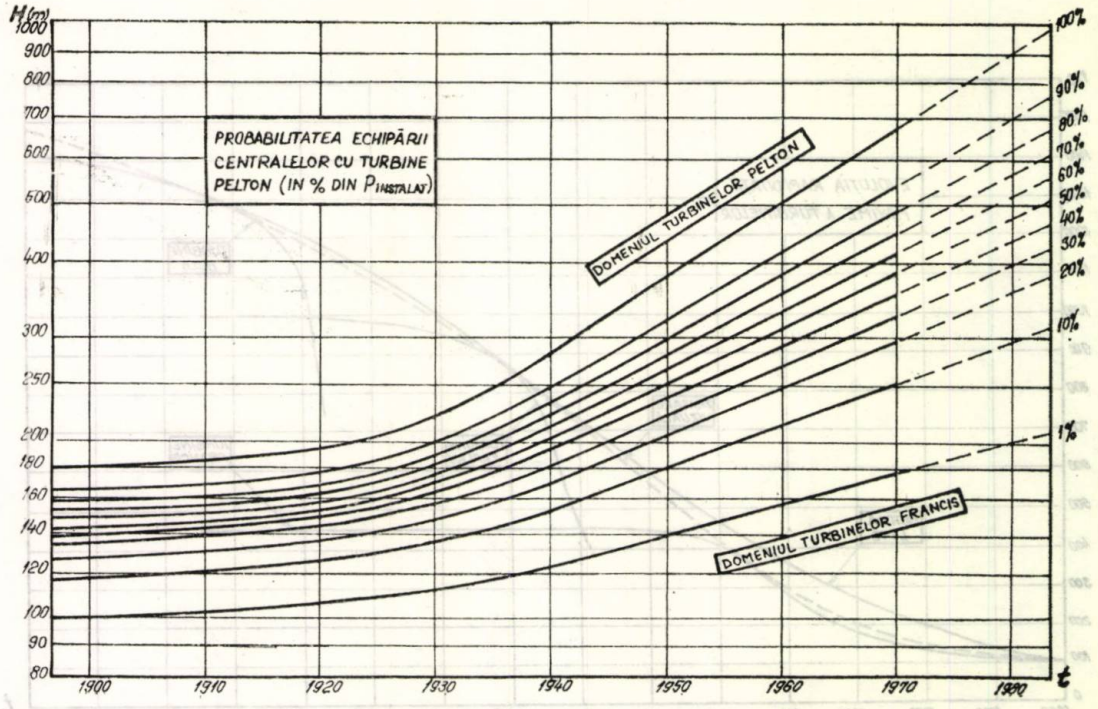


Fig. 10

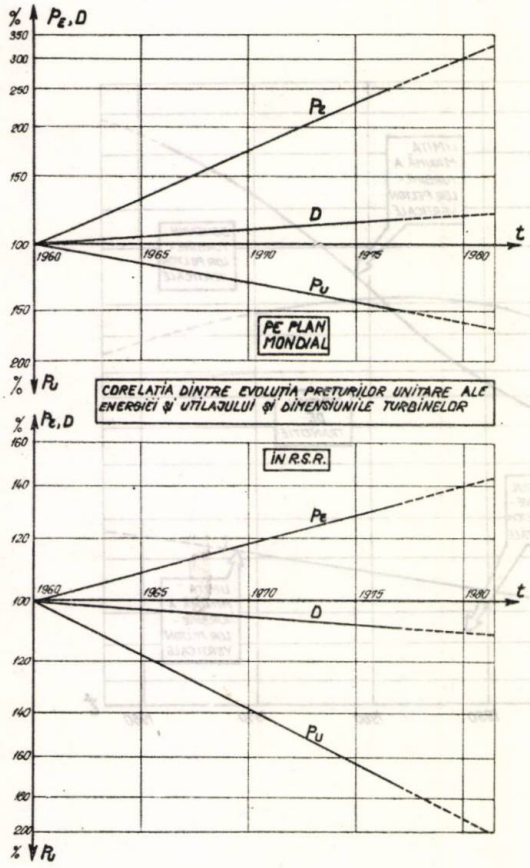


Fig. 11

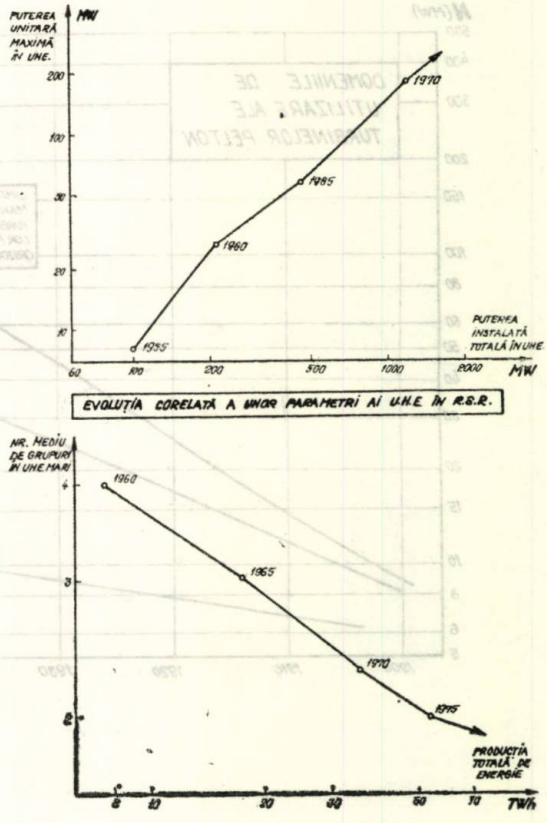


Fig. 12

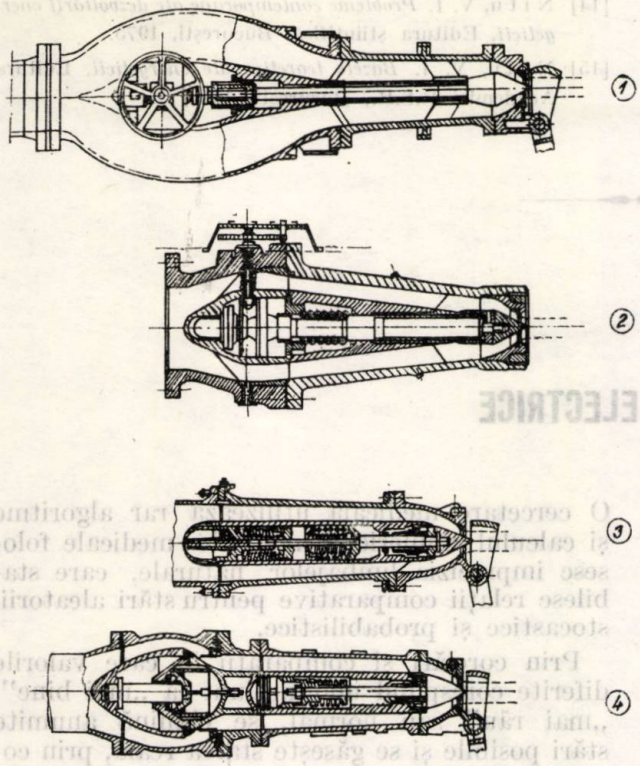


Fig. 13. Evoluţia injectoarelor turbinelor Pelton

1 — CHE Fionnay — Gr. Dixence (P = 56,8 MW; H = 871 m);
2 — CHE Mieville (P = 35,2 MW; H = 1448 m);
3 — CHE Rothenbrunnen (P = 42,8 MW; H = 670 m);
4 — CHE Ackersand II (P = 32,2 MW; H = 520 m).
(Injector rectiliniu combinat cu vană autoclavă)

(După „Informations techniques Charmilles", fasc. 514 F)

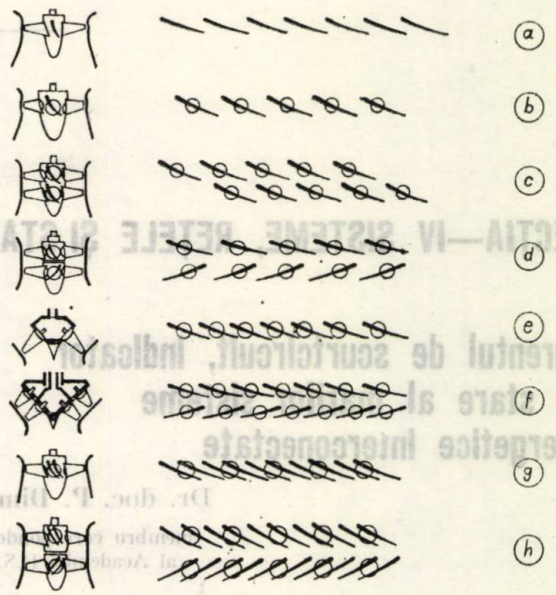


Fig. 14. Evoluţia posibilă a rotoarelor turbinelor axiale de mare cădere

a — rotor Propeler simplu; *b* — rotor Kaplan simplu; *c* — rotor Kaplan cu două rînduri de pale; *d* — turbină cu rotor şi contrarotor Kaplan; *e* — rotor Deriaz simplu; *f* — turbină cu rotor şi contrarotor Deriaz; *g* — rotor Kaplan cu cîte două pale pe fus; *h* — turbină cu rotor şi contrarotor Kaplan cu cîte două pale pe fus.

(După „Priamotocinie ghidroagregati visokoi i sverhvisokoi bistrohodnosti", de V. V. Semionov — 1959)

În realitate, figurile 11 şi 12 sînt pseudoprognoze; evoluţia fenomenelor economice este mult mai neprevizibilă, fiind influenţată de o multitudine de factori externi, şi de aceea extrapolarea tendinţelor în acest domeniu cere mult mai multă prudenţă.

În sfîrşit, figurile 13 şi 14 sînt tot reprezentări independente de timp, însă de factură ilustrativ-calitativă. În timp ce prima ilustrează progresul realizat în evoluţia injectoarelor turbinelor Pelton pînă în prezent, fără veleităţi prospective, cealaltă figură este o propunere de prognoză a evoluţiei posibile a formei rotoarelor turbinelor axiale.

Această ultimă figură ar putea constitui totodată şi un exemplu de explorare morfologică — analiza sistematică a tuturor soluţiilor unei probleme date.

Concluzii

Prin folosirea prospectivei ca metodă de investigare în tehnică, devine posibilă trecerea de la tendinţele sporadice, empirice, aflate sub imperiul hazardului, la o evoluţie dorită, controlată şi previzibilă.

Ridicarea prognozei tehnologice la rangul de instrument efectiv de lucru în domeniul maşinilor hidraulice pretinde:

— crearea unui sistem informaţional modern, gen „bancă de date";

— difuzarea şi popularizarea metodelor prospective;

— crearea unor metode noi, specifice domeniului;

— extinderea utilizării metodelor prospective, de la cercetarea platonică a viitorului, la domeniul proiectării şi planificării.

Bibliografie

[1] Cogălniceanu, A. şi Iorgulescu, Fl.: *Orientări actuale în hidroenergetică*. Editura tehnică, Bucureşti, 1967.

[2] Nitu, V., Albert, H. şi Brădescu, M. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică*. Editura tehnică, Bucureşti, 1968.

[3] Botez, M. *Introducere în prospectivă*. CDISTP, 1971.

[4] Jantsch, E. *Prognoza tehnologică*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1972.

[5] Lisicikin, V. A. *Prognoza tehnico-ştiinţifică în ramurile industriei*. Editura tehnică, Bucureşti, 1973.

[6] * * * *Noţiuni de prognoză generală şi energetică*. ICEMENERG, Bucureşti, 1975.

[7] Rădulet, R. ş.a. *Perspective de dezvoltare a energeticii*. Editura tehnică, Bucureşti, 1975.

[8] Crişan, O. *Optimizări decizionale în sistemele electroenergetice*. Editura Facla, Timişoara, 1975.

[9] Tamaş, S. *Cercetarea viitorului*. Editura politică, Bucureşti, 1976.

[10] Lanţoş, St. *Valoarea euristică a previziunii ştiinţifice*. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1976.

[11] Apostol, P. *Viitorul*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1977.

[12] Carter, A. P., Petri, P. și Leontief, W. *Viitorul economiei mondiale*. Editura științifică și enciclopedică, București, 1977.
[13] Schatteles, T. *Previziunea economică*. Editura politică, București, 1972.
[14] Nitu, V. I. *Probleme contemporane ale dezvoltării energeticii*. Editura științifică, București, 1975.
[15] Nitu, V. I. *Bazele teoretice ale energeticii*. Editura Academiei R.S.R., București, 1977.

SECȚIA—IV SISTEME, REȚELE ȘI STAȚII ELECTRICE

Curentul de scurtcircuit, indicator de stare al marilor sisteme energetice interconectate

Dr. doc. **P. Dimo**,
membru corespondent
al Academiei R.S.R.

Dezvoltarea rapidă a sistemelor energetice ale lumii moderne și formarea marilor sisteme interconectate, ce tind către sisteme continentale, au pus probleme noi din cauza complexității stărilor (regimurilor) care depășesc ca posibilități mijloacele „clasice" de prevenire a situațiilor critice și de conducere optimală, economică și de siguranță.

Complexitatea acestor noi formații cere revoluții în procedee și mijloace noi de cercetare. Căile cunoscute de analiză a stărilor staționare, dinamice sau tranzitorii nu mai corespund necesităților. Continuarea acestor practici nu mai este posibilă atît din cauza numărului infinit de stări ce rezultă că ar trebui studiate, cît și din cauza dificultăților în aplicarea conceptelor informaticii corespunzătoare. De aceea modelul trebuie căutat în procedeele pe care cercetătorii și le aleg atunci cînd sînt puși în fața unui sistem de mare complexitate. În fața unor asemenea sisteme, omul utilizează indicatori multipli, care, corelați între ei, dau un rezultat de multe ori suficient pentru lămurirea căutată.

1. Indicatorii de stare

Pentru a lămuri înțelesul și forța „indicatorilor corelați", ne referim la cercetarea medicilor pentru lămurirea diagnosticului și a tratamentului aplicat pacientului, pacient ce poate fi considerat, evident, unul dintre cele mai complexe sisteme. Medicul folosește ca indicatori: nivelul tensiunii arteriale, al temperaturii corpului, pulsațiile inimii, analize de diverse feluri ale sîngelui, variate teste de comportare etc. etc. O cercetare medicală utilizează rar algoritme și calculul numeric. Cercetările medicale folosesc imprecizia limbajelor naturale, care stabilesc relații comparative pentru stări aleatorii, stocastice și probabilistice.

Prin corelări și comparații în care valorile diferite corespund unor noțiuni ca „mai bine", „mai rău" sau normal, se elimină anumite stări posibile și se găsește starea reală, prin corelarea tuturor indicatorilor.

În sistemele electroenergetice s-a trecut deja la o categorie de analize de tip nou, ce tind să se generalizeze atît în cercetare cît și în proiectare și supraveghere în timp real, numite CONTINGENȚE.

2. Analiza contingențelor

În locul numărului extrem de mare de cazuri ce ar trebui studiate pe căi clasice, s-a ajuns la concluzia calculului unor stări staționare finale, ușor de calculat, la care se ajunge prin scoaterea din funcțiune a unor instalații (linie, centrală), plecînd de la un regim analizat. Astfel se ocolește calculul, imposibil de făcut, al numeroaselor cazuri ce ar putea conduce la aceste „ieșiri din circuit" (fenomenele tranzitorii de diverse tipuri și de diverse locuri etc.).

Se trag concluzii numai prin examinarea regimurilor liniștite ce s-ar stabili la finele evenimentelor imprevizibile. Dar și acest mod de analiză, care pare foarte simplu, are două dezavantaje:

a) Numărul excesiv de mare de regimuri staționare care trebuie totuși calculate. Astfel, după Tinney [1], în proiectare, dacă ținem seama de faptul că asemenea regimuri staționare se calculează de-a lungul unei zile, apoi sezonier și pe cîțiva ani înainte (și aceasta pentru diverse alternative de proiectare), se ajunge la zeci de mii de calcule de regimuri staționare [1].

b) Un al doilea inconvenient este dificultatea caracterizării rapide a regimului staționar care rezultă din analiza contingenței. Ne rezumăm

la nivelul tensiunilor în noduri și valorile circulațiilor de puteri pe liniile principale ca *indicatori*. S-ar putea să avem surprize uneori, cu regimuri apropiate de instabilitate, care de asemenea trebuie evitate și care nu ar fi semnalate [2].

3. Curentul de scurtcircuit, fenomen parazit determinant pentru caracteristicile echipamentului, extins ca utilizare la „indicator de stare"

Foarte mulți electricieni au observat că curentul de scurtcircuit, prin valoarea modulului, dă și o indicație asupra „rigidității" nodului respectiv.

Dar prima oară cînd aceste mărimi au fost utilizate ca indicatori de stare a fost la întocmirea primului plan de electrificare al țării, în ISPE, în 1950. Pentru utilizarea curenților de scurtcircuit ca indicatori de stare a rigidității nodurilor (reglajul tensiunii), a stabilității statice și dinamice, s-au definit mărimi noi, utilizînd, de rîndul acesta, atît valorile modulului, cît și ale fazei curenților de scurtcircuit față de faza tensiunii nodului analizat, și anume :

1. Curentul de scurtcircuit în gol, este curentul ce rezultă într-un nod în care generatoarele nu produceau nici un curent înainte de formarea scurtcircuitului (nod în gol).

2. Curentul de scurtcircuit în sarcină, este curentul de scurtcircuit ce rezultă atunci cînd nodul are o sarcină satisfăcută de generatoarele din sistem în momentul producerii scurtcircuitului.

3. O serie de mărimi grafice ce permiteau calcule grafice și care alcătuiesc azi ceea ce numim IMAGINI NODALE [2], [3].

4. Analiza nodală aplicată sistemelor vaste cu definirea nodurilor REI artificiale

Odată cu dezvoltarea impetuoasă a sistemelor energetice, „imaginile nodale" și-au căpătat, la rîndul lor, noi posibilități în cercetări utilizînd nodurile artificiale REI. Se știe că nodurile REI se formează cu ajutorul *rețelei cu bilanț energetic nul*, ce se leagă la nodurile care trebuie reduse și integrate într-un singur nod REI [2].

Cîteva cercetări interesante au fost făcute recent la ICEMENERG [4], [5] pentru a stabili posibilitățile nodului cu sarcină unică al unui sistem energetic ca indicator. Rezumăm, cu comentarii, cîteva rezultate în legătură cu informațiile ce pot fi obținute de la imaginea nodului cu sarcină unică :

1) Cercetările s-au făcut asupra unui sistem interconectat, cu schimb de puteri în exterior relativ reduse față de puterile produse și consumate în sistemul cercetat. S-a presupus că puterea schimbată cu exteriorul este reglată și poate fi aproximată cu caracteristica simplă : $P = \text{const.}$ și $Q = KU^2$ (cu $K = \text{const.}$).

2) S-a înrăutățit regimul, păstrînd puterea schimbată constantă, dar crescînd sarcina internă și puterea respectivă a centralelor pînă la regimul instabil static.

3) S-a determinat imaginea nodală a regimului imediat vecin cu cel instabil, așa cum se vede în figurile 1 și 2 din cercetările prezentate

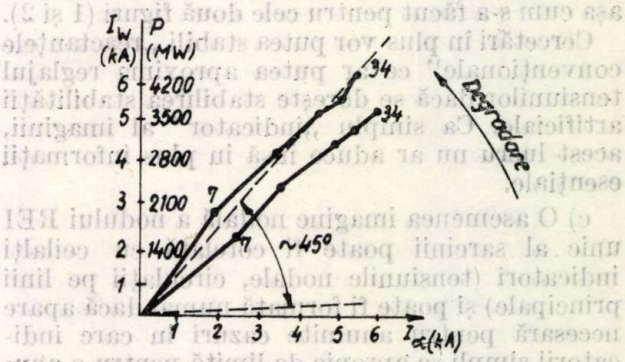


Fig. 1. Imaginea nodului REI al sarcinii unice pentru un regim imediat vecin cu cel instabil [4]. Generatoarele păstrate cu adevărata identitate.

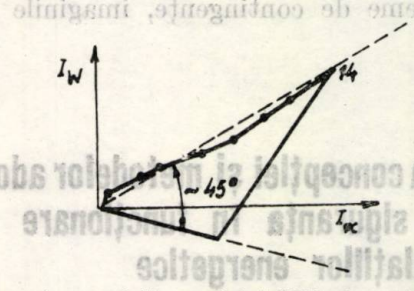


Fig. 2. Imaginea nodală a nodului REI al sarcinii unice a unui regim imediat vecin cu cel instabil [5]. Rețea cu noduri REI generatoare.

în rapoartele [5] și [4]. S-a constat că imaginea nodală a regimului vecin cu regimul instabil prezintă un unghi foarte apropiat de 45° între curentul de scurtcircuit în sarcină și cel în gol. Acest lucru s-a verificat și în alte cazuri. Cele două figuri arată două cazuri cu caracteristici diferite prin poziția curentului de scurtcircuit în gol care apare deasupra (fig. 1) și sub linia absciselor (fig. 2). În cazul figurii 1 este vorba de 34 centrale păstrate cu adevărata identitate, iar în cazul figurii 2 s-au format și generatoare REI. Se știe că acest unghi de 45° este caracteristic teoretic stărilor instabile în rețelele de reactanțe. Se constată că aproximația asupra imaginii nodale în cazul rețelelor de impedanțe (cazul celor două figuri) este satisfăcătoare pentru același unghi de 45° ca *indicator* al unor stări apropiate de stările critice. Considerăm cercetările făcute pînă acum ca insuficiente, dar permițînd totuși cîteva importante concluzii, și anume :

a) Pe o asemenea imagine nodală a nodului cu sarcină unică se pot face *raționamente calita-*

tive, prin simpla examinare a aspectelor figurii. *Rotirea* (creşterea unghiurilor — vezi fig. 1) vectorilor arată înrăutăţirea regimului din punctul de vedere al stabilităţii (scad „cuplurile sincronizate" între maşini). Se poate astfel raţiona asupra mijloacelor eficiente de îmbunătăţire a situaţiilor, precum şi asupra evoluţiilor periculoase ce trebuie evitate.

b) *Etalonarea* unei asemenea imagini este simplă dacă se face pentru stabilitatea naturală, aşa cum s-a făcut pentru cele două figuri (1 şi 2).

Cercetări în plus vor putea stabili „reactanţele convenţionale" ce ar putea aproxima reglajul tensiunilor dacă se doreşte stabilirea stabilităţii artificiale. Ca simplu „indicator" al imaginii, acest lucru nu ar aduce însă în plus informaţii esenţiale.

c) O asemenea imagine nodală a nodului REI unic al sarcinii poate fi corelată cu ceilalţi indicatori (tensiunile nodale, circulaţii pe linii principale) şi poate fi formată numai dacă apare necesară pentru anumite cazuri în care indicatorii simpli se apropie de limită pentru o anumită „contingenţă".

d) Notăm că, în afara completării informaţiilor în probleme de contingenţe, imaginile nodale ale unui nod sau altul (reale, artificiale sau de frontieră) ale unui ansamblu interconectat pot da informaţii interesante asupra „sensibilităţii" unor anumite sisteme studiate faţă de schimbări în sistemele exterioare.

Semnalăm aceste noi posibilităţi de aplicaţii ale analizei nodale, ce par interesante şi actuale pentru ţara noastră, în urma creşterii reţelei externe cu care sîntem interconectaţi.

Bibliografie

[1] * * * EPRI (S.U.A.) EL 377—SR. Special Report, febr. 1977. *Future Problems and Research Needs.*

[2] Dimo, P. *Modele REI şi indicatori de stare. Sisteme energetice interconectate.* Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1979.

[3] Dimo, P. *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor şi utilizarea curenţilor de scurtcircuit.* Editura tehnică, Bucureşti, 1959.

[4] Dimo, P., Cristea, H. şi Făinaru, B, *Visualisation of the system states on display equipment.* Research seminar between Romania and United States of America. Bucarest, June 3—8, 1974.

[5] Dimo, P., Pomârleanu, M., Bejuscu, L., Radu, I. şi Sârbu, M. *Research concerning generalized use of REI Models.* Rev. Roum. Sci. Techn. Electr. et Energ., 21, nr. 3, 1976, p. 321—328.

Evoluţia concepţiei şi metodelor adoptate pentru siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice

Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Ing. **H. Albert**
Ing. **M. Stein**
— ISPE —

1. Siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice a devenit în prezent o problemă majoră, datorită creşterii ponderii consumului de energie electrică şi a dependenţei consumatorilor de continuitatea în alimentare.

Fiabilitatea s-a conturat ca un domeniu de sine stătător, cu metode de calcul şi soluţii tehnice şi economice proprii, astfel îmbinate încît să conducă la găsirea nivelului de siguranţă optim. Ca ştiinţă interdisciplinară, ea are deja un rol practic în cuantificarea numeroaselor aspecte şi relaţii, de la faza de concepţie pînă la faza de exploatare propriu-zisă, ceea ce permite evidenţierea răspunderilor, soluţiilor tehnice, măsurilor organizatorice, cu consecinţe favorabile asupra creşterii nivelului de siguranţă, respectiv a eficienţei economice a sumelor investite.

Ţinînd seama de importanţa siguranţei în funcţionare, în ISPE s-a iniţiat o susţinută activitate în acest domeniu de peste 20 de ani.

Problema schemelor electrice, respectiv a unor sisteme tehnice de mare complexitate, a preocupat cercurile inginereşti, deoarece de rezolvarea dată depindea nivelul investiţiilor, al cheltuielilor de exploatare şi continuitatea în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

Metodele empirice practicate în trecut nu mai puteau da satisfacţie în noile condiţii de creştere atît a complexităţii instalaţiilor energetice, cît şi a exigenţei faţă de reţea, ceea ce a determinat cercetarea căilor care ar putea să transpună, pe bază de calcul, toate problemele legate de o schemă electrică, inclusiv siguranţa în funcţionare, din domeniul aprecierilor subiective în domeniul cifrelor.

Prin aceste cercetări s-a introdus o unitate de concepţie între modelul probabilistic de calcul al indicatorilor de siguranţă, soluţiile tehnice şi implicaţiile economice.

Evoluţia spre sisteme energetice mai complexe a obligat la definirea indicatorilor de fiabilitate pe care trebuie să-i satisfacă aceste sisteme şi la folosirea unor modele probabilistice care să permită calculul acestor indicatori.

Trecerea de la aprecieri calitative, cu caracter subiectiv, la exprimarea cifrică a indicatorilor de siguranţă a însemnat un progres important, care a deschis noi perspective cercetărilor în domeniul sistemelor electrice.

Aplicarea calculului probabilistic la studiul schemelor a evidenţiat că anumite scheme nu sînt atît de sigure, cum apăreau pe baza unor analize subiective, iar altele sînt prea complicate, fără a fi suficient de sigure.

Creşterea exigenţei în alimentarea cu energie electrică, a gradului de tehnicitate al sistemelor, necesitatea de a calcula un număr mai mare de indicatori, existenţa calculatoarelor electronice, trecerea la folosirea lanţurilor Markov, toate acestea au determinat o nouă etapă în calculele de siguranţă şi un nou nivel de abordare a acestora.

Calculele de siguranţă nu reprezintă un scop în sine, cu atît mai mult cu cît creşterea siguranţei este legată direct de creşterea rezervelor, adică a costurilor instalaţiilor.

Din punct de vedere economic, cercetările trebuie să conducă la un optim determinat de caracterul contradictoriu al creşterii investiţiilor şi scăderii daunelor provocate de întreruperea furnizării energiei.

A devenit tot mai evident că un sistem cu foarte multe rezerve poate fi tot atît de neeconomic ca şi un sistem lipsit de rezerve.

Studiul dezvoltării sistemului energetic constituie o problemă foarte complexă. Scopul final este de a determina dezvoltarea ansamblului de instalaţii de producere, transport şi distribuţie care să constituie pentru economia naţională un optim economic în alimentarea consumatorilor de energie electrică.

Determinarea optimului de investiţii include, evident, şi aspectele legate de siguranţă, respectiv găsirea echilibrului optim dintre instalaţiile suplimentare (de rezervă) pentru centrale şi reţele electrice, pe de o parte, şi daunele produse consumatorilor ca urmare a întreruperilor în alimentarea cu energie electrică, pe de altă parte.

Analiza dezvoltării sistemului energetic comportă în principal studiul următoarelor aspecte :

a) prognoza consumului de energie electrică ;

b) optimizarea structurii centralelor ;

c) optimizarea configuraţiei reţelelor electrice ;

d) optimizarea nodurilor din sistem.

În prezent, cuprinderea în ISPE a aspectelor menţionate se face printr-o serie de activităţi, a căror organizare şi corelare este prezentată schematic în figura 1.

În paralel cu dezvoltarea instalaţiilor energetice şi creşterea complexităţii problemelor, a fost necesară adîncirea studiilor, introducerea de noi concepte, asigurarea unor metodologii şi programe care să permită analiza curentă a diferitelor probleme sub aspectul siguranţei.

Studiul unui număr mare de cazuri a făcut posibilă închegarea unei concepţii în abordarea unor probleme majore (criteriu de dimensionare a sistemului energetic, prescripţii de alimentare a consumatorilor industriali, condiţii de garanţii furnizor-consumator ş.a.),

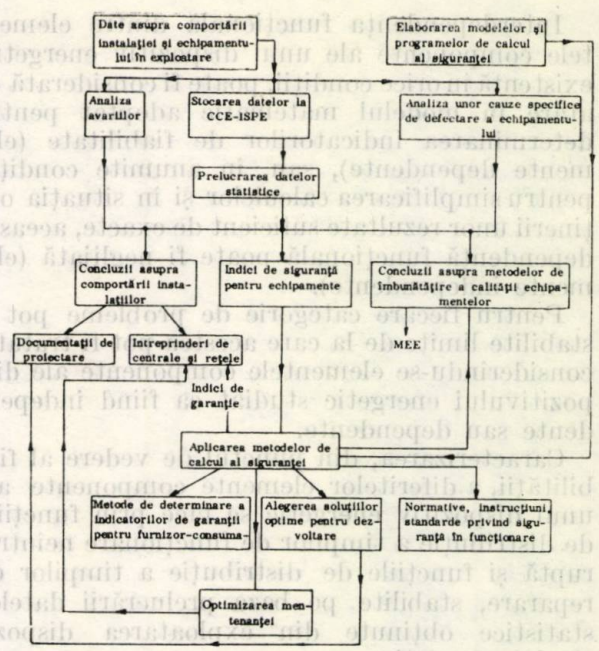


Fig. 1. Organizarea activităţii în ISPE privind siguranţa în funcţionare.

concretizarea acestora într-o serie de acte normative (prescripţii, normative, standarde).

★

2. Determinarea indicatorilor de fiabilitate necesită adoptarea unor modele matematice care să permită utilizarea metodelor statistico-probabilistice. Aceste metode trebuie să servească atît la optimizări în procesul de concepţie a dispozitivelor energetice, cît şi pentru cel al exploatării, întreţinerii şi reparaţiilor acestor dispozitive.

Avînd în vedere marea varietate şi complexitatea dispozitivelor energetice, a fost nevoie de alegerea mai multor modele matematice, în funcţie de indicatorii de fiabilitate urmăriţi şi de caracteristicile dispozitivelor energetice.

În România, studierea acestor probleme a început cu mulţi ani în urmă, dispunîndu-se în prezent de metodologii şi programe de calcul care acoperă în mod satisfăcător întreaga gamă de probleme privind fiabilitatea în funcţionare.

În alegerea metodelor de calcul, o importanţă deosebită o au caracteristicile tehnice ale dispozitivului energetic studiat, caracteristici care permit stabilirea modelului matematic cu ajutorul căruia să se realizeze calculele de fiabilitate.

După tipul constructiv al elementelor ce intră în componenţa unui dispozitiv energetic, acestea se împart în două grupe mari, după cum revenirea dispozitivului studiat la starea în care toate elementele sînt în funcţiune se realizează prin repararea elementelor defectate (elemente reparabile) sau prin înlocuirea elementelor defectate (elemente nereparabile).

Interdependența funcțională dintre elementele componente ale unui dispozitiv energetic, existentă în orice condiții, poate fi considerată ca atare în modelul matematic adoptat pentru determinarea indicatorilor de fiabilitate (elemente dependente), sau, în anumite condiții, pentru simplificarea calculelor și în situația obținerii unor rezultate suficient de exacte, această dependență funcțională poate fi neglijată (elemente independente).

Pentru fiecare categorie de probleme pot fi stabilite limite de la care acestea pot fi tratate, considerîndu-se elementele componente ale dispozitivului energetic studiat ca fiind independente sau dependente.

Caracterizarea, din punctul de vedere al fiabilității, a diferitelor elemente componente ale unui dispozitiv energetic se face prin funcțiile de distribuție a timpilor de funcționare neîntreruptă și funcțiile de distribuție a timpilor de reparare, stabilite pe baza prelucrării datelor statistice obținute din exploatarea dispozitivelor energetice.

Au fost dezvoltate metode de determinare a tipului și parametrilor funcțiilor de repartiție pentru diverse tipuri de dispozitive energetice. Concluziile acestor studii efectuate asupra comportării, din punctul de vedere al fiabilității, a diferitelor dispozitive energetice au arătat că, de regulă, funcțiile de repartiție de tip exponențial pentru timpii de funcționare neîntreruptă și pentru timpii de reparare pot caracteriza suficient de bine comportarea diferitelor elemente componente ale dispozitivelor energetice.

Ca un rezultat al evoluției concepției de abordare a siguranței în funcționare, în tabelul 1 se prezintă sintetic domeniile de utilizare a diferitelor modele matematice și a metodelor de calcul corespunzătoare, considerate în prezent ca adecvate pentru determinarea diferiților indicatori de fiabilitate urmăriți, avînd în vedere particularitățile dispozitivelor energetice.

Aprecierea diferitelor metode de calcul s-a făcut corelat cu necesitatea cuantificării unor aspecte noi ale siguranței în funcționare ce intervin în studiul comportării în exploatare a unor dispozitive energetice, astfel încît să poată fi făcute comparații tehnico-economice între variantele realizate, cît și pentru cunoașterea unui nivel absolut de risc în asigurarea alimentării cu energie electrică a unor consumatori.

Toate modelele și metodele de calcul prezentate în tabelul 1, cu excepția modelului matematic bazat pe utilizarea proceselor stocastice de tip semi-Markov, permit rezolvări atît prin calcule de mînă cît și cu ajutorul unor programe întocmite pentru calculatorul electronic. Utilizarea proceselor stocastice de tip semi-Markov, datorită complexității și volumului mare de calcul, se face numai în cazuri particulare (de exemplu pentru anumite dispozitive nucleare-energetice) și cu utilizarea calculatorului electronic.

Metodologiile de calcul amintite, ca și concepția modului în care trebuie urmăriți indicatorii de siguranță pentru diferite tipuri de instalații tehnologice energetice, sau pentru sistemul energetic în ansamblu, au fost expuse într-un normativ și în Instrucțiunile de calcul al siguranței instalațiilor energetice, care se află în prezent la a doua redactare.

*

În legătură cu modul de abordare a principalelor aspecte de siguranță ale analizei dezvoltării sistemului energetic, în cele ce urmează se face o scurtă prezentare.

a) *Prognoza consumului*

Studiul prognozei consumului are ca scop determinarea premiselor în care urmează să se dezvolte sistemul energetic.

Ținînd seama de consecințele nefavorabile ale eventualelor erori de prognoză, se utilizează mai multe metode, iar rezultatele se confruntă în cadrul unor analize.

Ca metodă de bază, în țara noastră se utilizează metoda corelării consumului de energie electrică cu indicele producției globale industriale.

Prognozele au un caracter probabilistic, datorită caracterului aleatoriu al unora dintre elementele ce intervin în toate metodele utilizate.

Pe baza analizelor efectuate a rezultat că, în condițiile țării noastre, prognoza este oportun să fie determinată ținînd seama de speranța matematică a procesului prognosticat, cu un nivel de încredere de 95%. Valoarea de 5% a nivelului de risc aceptat a fost stabilită pe baza unor calcule tehnico-economice care au luat în considerare atît cheltuielile necesare pentru dimensionarea suplimentară a instalațiilor, cît și eventualele daune ce ar rezulta din neacoperirea consumului.

b) *Optimizarea structurii centralelor și a rezervelor de putere*

Studiul urmărește ca, în condițiile neglijării rețelelor de transport, să determine structura puterii instalate pentru un compromis optim între investițiile din centrale (inclusiv rezerva de avarie) și daunele la consumatori în cazul energiei nelivrate acestora. S-a ajuns, pe baza studiilor efectuate, la concluzia ca, în condițiile cunoscute în prezent, dimensionarea structurii centralelor sistemului energetic românesc să se facă pentru un grad de asigurare exprimat prin :

$$\frac{\text{energie probabil livrabilă}}{\text{energie necesară}} \cdot 100 = 99{,}95...99{,}97\,\%$$

Domeniul de activitate	Problema abordată	Ipoteze referitoare la caracteristicile dispozitivului energetic și elementelor componente						Modelul și metoda utilizată în calculele de fiabilitate						Programe de calcul implementate
		Felul elementelor				Tipul funcțiilor de repartiție pentru timpii de funcționare și de reparare, aferente elementelor		Binomială	Monte Carlo	Procese Markov cu timp continuu	Procese Markov cu timp discret	Procese semi-Markov cu timp continuu	Funcția de siguranță echivalentă	
		(constructiv)		(funcțional)										
		reparabile	nereparabile	dependente	independente	exponențial	neexponențial							
Proiectare	Dimensionarea surselor energetice	*			*			*	*					VERABIC FIAZON
	Dimensionarea rețelelor de transport	*		*		*				*				FIAZON SIRECOM
					*	*		*	*	*				
	Dimensionarea instalațiilor de alimentare a consumatorilor	*		*		*				*				SAFETY DSAFETY SIGRUP
					*	*		*		*				
	Proiectarea schemelor tehnologice ale elementelor sistemului energetic	*		*		*				*	*			SAFETY SIGRIND SIGRUP FUNSIG
							*					*		
					*	*				*	*			
							*					*		
			*	—	—	—	—						*	
Exploatare	Mentenanță	*		*		*				*	*			
							*					*		
						*				*	*			
					*		*					*		
			*	—	—	—	—						*	
	Stoc de echipamente și piese de rezervă	*		*		*				*				
							*					*		OPTREZ
					*	*				*				OPTREZ
							*					*		
			*	—	—	—	—						*	
	Conducerea operativă a dispozitivelor energetice	*		*		*			*	*			*	
Garanții	Garanții privind nivelul de siguranță între furnizori și marii consumatori	*		*		*				*				SAFETY SIGRIDN
					*	*				*				

c) *Optimizarea configurației rețelelor de transport*

Problema se pune de a găsi un compromis optim între investițiile în rețele și daunele la consumatori datorită insuficientelor resurse locale (centrale și rețele). Calculul gradului de siguranță în această fază este necesar să fie efectuat pentru fiecare zonă și nod al sistemului energetic.

Complexitatea problemei a făcut ca dimensionarea rețelelor din punctul de vedere al condițiilor de siguranță să se facă cu așa-numitele criterii „tehnice", stabilite pe bază de experiență (de exemplu verificarea funcționării la $n-2$ grupuri și linii în funcțiune într-o anumită zonă etc.).

Așa cum s-a arătat, în ultimul timp s-au întocmit modele matematice foarte complexe pentru determinarea gradului de siguranță al unor configurații de rețele, cu considerarea posibilităților de avariere a liniilor, transformatoarelor și grupurilor.

Pentru alimentarea unor zone sau a unor noduri, deci la dimensionarea rețelelor, se consideră necesar să se obțină un grad de siguranță de cel puțin 99,97%, aceasta fiind limita superioară a celui de la dimensionarea centralelor fără considerarea rețelelor, deoarece la o zonă limitată posibilitățile de selecție a consumatorilor ce vor putea fi sacrificați sînt mai mici, astfel că în medie costul pe kWh al daunelor va fi mai mare decît în cazul dimensionării surselor pe întregul sistem energetic.

d) *Optimizarea nodurilor electrice*

Studiul se efectuează la nivel de stații de înaltă tensiune din nodurile sistemului, pentru schemele de alimentare a consumatorilor industriali și similari, pentru centralele electrice racordate la aceste noduri și pentru liniile electrice de transport și distribuție. În esență optimizarea se face din punct de vedere economic cu luarea în considerare a indicatorilor de siguranță ai echipamentelor componente din stații, centrale, linii, a cheltuielilor de investiții, cheltuielilor de exploatare și a daunelor produse consumatorilor prin întreruperile în alimentarea cu energie electrică.

★

Din cele expuse rezultă că activitatea depusă în ISPE într-o perioadă de peste 20 de ani a condus la cristalizarea unei concepții unitare privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice, iar corelat cu aceasta s-a realizat o perfecționare continuă a aparatului matematic (metode, modele și programe) de abordare a problemelor.

Stadiul actual și perspectiva utilizării calculatoarelor la proiectarea liniilor electrice

Dr. ing. **P. Militaru**
Dr. ing. **Z. Neag**
Ing. **G. Gheorghiță**
— ISPE —

Volumul mare de calcule necesar pentru proiectarea liniilor electrice aeriene nu mai poate fi efectuat în prezent fără ajutorul calculatoarelor automate. Introducerea calculatoarelor permite tratarea proiectelor de elemente constructive (stîlpi, fundații, conductoare, izolatoare) și a proiectului liniei în ansamblu în mai multe variante și ipoteze, pentru a se putea adopta varianta optimă. În acest fel se realizează economii de materiale și de cheltuieli de investiții, reducîndu-se în același timp durata de proiectare și de execuție a liniei.

Mijloacele de calcul de care se dispunea înainte de apariția calculatoarelor automate nu permiteau decît abordarea simplificată a proiectării liniilor, pentru a se crea posibilitatea elaborării proiectelor în termenele necesare pentru execuția și punerea în funcțiune a liniei. Introducerea calculatoarelor automate a permis introducerea unor metode matematice de calcul mult mai exacte și mai complexe, care reflectă mult mai fidel comportarea liniei în exploatare. Odată cu introducerea calculatoarelor se impune revizuirea metodelor de calcul pentru a elimina aproximațiile nejustificate din vechile metode de calcul.

În cele ce urmează se prezintă realizările institutului privind utilizarea calculatoarelor la proiectarea liniilor electrice aeriene, stadiul atins în acest domeniu în alte țări, perspectiva extinderii utilizării calculatoarelor în activitatea de proiectare.

1. Programe de calcul elaborate pentru proiectarea liniilor

1.1. *Calculul mecanic al conductoarelor liniilor electrice aeriene.* Printre primele programe de calcul elaborate în institut a fost programul SAGETI, conceput pentru a scuti munca de rutină depusă de proiectanții care calculau tabelele de săgeți în panourile liniilor echipate cu izolatoare suspendate. Acest program a fost exploatat în limbajul mașinii CIFA, în sistem ALGOL pe calculatorul ELLIOT și în FORTRAN pe calculatorul IRIS—50. Odată cu apariția normativului de linii PE 104/71, cu introducerea celei de-a treia stări de dimensionare la + 15°C, programul a fost completat corespunzător.

La programul STRESS pentru calculul mecanic al conductoarelor s-au făcut în continuare mai multe adăugiri, ținîndu-se seama de problemele ridicate pe parcurs de utilizatori. Perfecționările introduse au luat în considerare influența lanțurilor de întindere la calculul săgeților conductoarelor și au cuprins calculul deschiderilor la vînt și greutate, a_v și a_g, și calculul contragreutăților. În același program s-a adăugat o parte de scriere tabelată repetabilă, pentru a degreva, pe de o parte, desenatorii de munca dificilă de copiere a unor cifre și, pe de altă parte, pentru a oferi proiectantului, odată cu

rularea, posibilitatea transmiterii imediate a documentației pe șantier.

În perioada 1970—1979, la elaborarea proiectelor de linii pentru export a apărut necesitatea luării în considerare a condițiilor de calcul pentru săgeți și tracțiuni din caietele de sarcini ale firmelor consultante și introducerea în calcule a efectelor în timp datorate fluajului conductoarelor. Au fost elaborate astfel programele AHWAZ (Iran), TABRIZ (Iran), BSALIM (Liban), NIGERIA, ZEBRA (Iordania). Aceste programe au fost apreciate favorabil de firmele consultante străine.

În același domeniu al calculelor mecanice de conductoare se situează, de asemenea, determinarea curbelor-șablon ale conductoarelor (programul SABLON). Ținînd seama că desenatorii pot desena destul de greu curbele, iar exactitatea acestora este o condiție foarte importantă, s-a trecut la utilizarea unei instalații de desenat automată, cuplată cu calculatorul. Cu ajutorul programului denumit LANTISOR s-au trasat curbe-șablon pentru toate conductoarele standardizate și toate zonele meteorologice din țară, care au fost apoi difuzate la colectivele de proiectare din țară specializate în linii.

Galoparea conductoarelor și curbele limită de galopare au constituit un domeniu rezolvat tot cu ajutorul instalației de desenat automate, prin programul denumit GALCOND.

În același domeniu al calculului conductoarelor se utilizează următoarele programe :

a) RURAL, pentru calculul tabelelor de săgeți pentru conductoarele montate pe izolatoare-suport ;

b) MONTAJ, pentru calculul punctelor relative de blocare a clemelor conductoarelor la operația de măsurare a săgeților ;

c) BCHV, pentru calculul valorilor vitezei vîntului și grosimii stratului de chiciură, corespunzătoare limitei elastice și rezistenței de ruperе a conductoarelor.

Un pas important înainte la calculul mecanic al conductoarelor s-a făcut prin elaborarea recentă a modelului matematic, algoritmului și programului de calcul pentru comportarea conductoarelor într-un panou de întindere la sarcini neuniforme de chiciură și la ruperea lor [1]. Această metodă reprezintă generalizarea metodelor actuale de calcul al conductoarelor și permite determinarea mai exactă a solicitărilor conductoarelor la fenomene relativ complexe care intervin la funcționarea liniei.

1.2. *Calculul și proiectarea stîlpilor metalici ai liniilor electrice aeriene.* Programele referitoare la calculul stîlpilor liniilor s-au elaborat pînă acum pentru structuri de stîlpi bine definite : turn, portal ancorat, Y. Pentru fiecare structură s-au realizat programe de calcul al forțelor în bare și al domeniilor de utilizare. Pentru stîlpul portal ancorat s-a elaborat de asemenea un program pentru determinarea solicitărilor din elementele stîlpului, în regim dinamic de exploatare.

Aceste programe au fost utilizate la proiectarea stîlpilor de 110, 220 și 400 kV și la obținerea rezultatelor pentru trasarea domeniilor de utilizare a acestor stîlpi în coordonate : viteză de vînt, grosime de chiciură.

1.3. *Calculul stabilității termice la scurtcircuite a elementelor liniei.* Programul denumit STELA a fost conceput pentru a dimensiona corect și economic elementele liniilor solicitate la încălzirea produsă de curenții de scurtcircuit, pentru linii alimentate de la unul sau două capete.

Calculul curenților de scurtcircuit se tratează în institut cu programe ce pot calcula configurații cu mare număr de noduri, simplificînd în felul acesta condițiile de frontieră ale liniei în calcul. Pentru a nu se dezvolta programul STELA și a-i complica utilizarea, s-a făcut o cuplare de calcul a curenților de scurtcircuit cu programe perfecționate în acest scop, STELA făcînd doar repartiția acestora în diferite elemente ale liniei.

1.4. *Calculul și proiectarea fundațiilor.* Metodele de calcul al fundațiilor pentru diverse moduri de solicitări au făcut obiectul unei cercetări a Institutului de mecanica solidelor, care a finalizat lucrarea cu mai multe programe de calcul ; acestea sînt utilizate la proiectarea fundațiilor după metoda stărilor-limită.

1.5. *Calculul fiabilității liniilor.* Programele pentru calculul fiabilității liniilor sînt rezultatul unei cercetări a institutului referitoare la coordonarea coeficienților de siguranță în elementele care alcătuiesc o linie : stîlpi, fundații, conductoare, izolație. Cu rezultatele calculelor s-au trasat diagrame cu valorile vitezei vîntului și grosimii stratului de chiciură, la care își pierd stabilitatea mecanică elementele constructive ale liniilor de 110, 220, 400 kV. Concluziile studiului au constituit baza teoretică pentru noua ediție a normativului pentru construcția liniilor peste 1 kV. O parte a acestui studiu a fost comunicată într-un raport românesc la sesiunea CIGRE 1978 [3].

1.6. *Calculul influențelor liniilor asupra mediului ambiant.* Odată cu introducerea tensiunii de transport de 400 kV și cu studierea posibilităților de utilizare a tensiunilor de 750 kV și 1150 kV, s-a pus problema influențelor pe care le pot avea liniile asupra mediului și oamenilor. De asemenea a fost necesar să se examineze condițiile coexistenței liniilor de tensiuni diferite pe stîlpi comuni și restricțiile la operații de montaj și exploatare, pentru unele linii aflate în apropierea altor linii în funcțiune.

Grupul de programe elaborat în acest scop tratează următoarele probleme :

a) calculul tensiunii induse electromagnetic pe linii de foarte înaltă tensiune paralele sau pe stîlpi comuni ;

b) calculul cîmpului electrostatic al liniilor electrice aeriene de 110, 220, 400 kV simplu și dublu circuit, în funcție de denivelările solului, săgeata conductoarelor și punctul de calcul;

c) calculul cîmpului electric în deschidere al liniilor;

d) calculul cîmpului electric pe suprafața conductoarelor liniilor, independent de numărul de conductoare pe fază sau circuite;

e) calculul cîmpului electric al liniilor la suprafața solului.

1.7. *Calcule pentru topometrie.* Programul TOPO este conceput pentru reducerea coordonatelor sferice citite pe aparate în coordonate cilindrice necesare pentru desenarea traseelor de linii.

1.8. *Elaborarea documentațiilor economice ale proiectelor.* Adaptînd și lărgind programul DOCEC, elaborat în afara institutului, pentru trecerea devizelor pe calculator, la o bună parte a documentațiilor proiectelor de linii s-a reușit să se elaboreze devizele cu ajutorul calculatorului.

2. Utilizarea în alte țări a calculatoarelor la proiectarea liniilor electrice aeriene

Serviciile de proiectare a liniilor din țările avansate din punct de vedere industrial au avut preocupări și realizări importante pentru introducerea calculatoarelor în domeniul liniilor electrice aeriene. Modelele matematice, programele de calcul elaborate, rezultatele obținute au făcut obiectul a numeroase articole și publicații științifice.

Calculul mecanic al săgeților și tracțiunilor conductoarelor pe întreg traseul unei linii a fost tratat pe larg în foarte multe țări, studiindu-se metode de calcul mai exacte și mai complexe și elaborîndu-se programe pentru calculatoare automate. Articole pe această temă au fost publicate în R.F.G. [5], Italia [6], U.R.S.S., Franța.

Calculul și dimensionarea stîlpilor metalici au fost programate pe calculator, ceea ce a permis proiectarea în variante numeroase a structurii unui stîlp și adoptarea variantei optime, care prezintă consum minim de metal. Astfel de metode și programe s-au elaborat în Franța [7], Italia [8], R.F.G. [9], [10], S.U.A. [11].

Pentru calculul electric al liniilor, calculul parametrilor electrici, determinarea căderilor de tensiune și a pierderilor de putere, stabilirea diagramei circulare de funcționare a liniei, calculul influențelor electromagnetice și electrostatice ale liniilor asupra mediului, s-au conceput de asemenea rezolvări cu ajutorul calculatorului, în R.F.G. [12], [13], S.U.A. [14].

Amplasarea stîlpilor pe traseul ridicat topografic reprezintă o operație de proiectare în care trebuie să se ia în considerare un mare număr de date de intrare și foarte multe restricții, astfel că programarea pe calculator întîmpină dificultăți. Totuși s-a reușit să se treacă peste acestea și să se pună în aplicare programe concepute în acest scop, calculatoarele din generația actuală permițînd stocarea și interpretarea volumului mare de date de intrare. Informații asupra rezolvării acestei teme există din U.R.S.S. [15], Franța [16], S.U.A. [17]. Amplasarea stîlpilor pe profil cu ajutorul calculatorului permite studierea mai multor variante și realizarea de economii de investiții prin adoptarea variantei optime, ceea ce nu este posibil la efectuarea acestor operații de către un inginer, prin mijloace de calcul de birou.

Proiectarea cu ajutorul calculatorului automat a liniilor electrice aeriene a constituit unul dintre subiectele preferențiale ale Grupei 22 — Linii aeriene — la sesiunea CIGRE din 1974. În raportul special al grupei [18] se relevă faptul că programele elaborate au drept scop obținerea de economii și reducerea erorilor care apar la proiectare. În același timp se recomandă preocupări în continuare pentru îmbunătățirea metodelor de calcul.

În raportul CIGRE 22—02 din 1974 [19] se prezintă sistemul automat de tratare a datelor, care a fost conceput și organizat de Oficiul de Stat pentru Energia Electrică din Suedia și în care s-au inclus programe parțiale pentru operațiile care intervin la proiectarea și construcția unei linii, trasarea automată a profilului liniei, amplasarea optimă a stîlpilor, elaborarea listei detaliate de stîlpi, fundații, izolatoare, calculul lungimii ancorelor de stîlpi, elaborarea listelor pentru comandarea materialelor, calculul prețurilor, calculul volumului de lemn în culoarele defrișate, calculul despăgubirilor pentru terenurile ocupate de linie.

În 1974 a fost lansată, în cadrul CAER, o acțiune de elaborare a unei biblioteci de programe, precum și a unui sistem-cadru care să rezolve automat toate fazele de proiectare a liniei pentru care sînt cunoscuți parametrii electrici (tensiunea, puterea transportată, puterea de scurtcircuit), traseul, tipul și înălțimea stîlpilor terminali, date asupra obiectivelor traversate și subtraversate.

3. Perspectiva extinderii utilizării calculatoarelor la proiectarea liniilor din țara noastră

Pentru extinderea utilizării calculatoarelor în activitatea de proiectare, s-a elaborat un plan de perspectivă, prevăzîndu-se măsuri în două direcții, și anume: pe de o parte, perfecționarea metodelor de calcul, algoritmelor și programelor existente și, pe de altă parte, elaborarea de noi programe. Programele înscrise în planul de acțiuni fac parte dintr-un sistem-cadru, care cuprinde toate problemele și ope-

rațiile de proiectare a liniilor, ce urmează a fi modelate și transcrise în limbajul calculatorului.

Printre programele care urmează a fi elaborate în următorii ani se pot cita : amplasarea optimizată a stîlpilor pe traseu, calculul matricial al conductoarelor pornind de la n stări de dimensionare, dimensionarea stîlpilor metalici considerînd o repartiție spațială a eforturilor, calculul culoarelor de trecere a liniilor prin păduri, determinarea suprafețelor de expropriat definitiv și temporar pentru construcția liniilor, evaluarea investițiilor și consumurilor de materiale principale pe baza caracteristicilor traseului, calculul diagramei de funcționare a liniei (puteri transportate, căderi de tensiune, pierderi de putere).

În același timp se prevede perfecționarea programelor de calcul existente, în sensul creșterii numărului de variante studiate pentru elementele constructive ale liniilor și obținerea de la calculator a variantelor optime din punct de vedere al investițiilor și consumurilor de materiale.

Bibliografie

[1] Militaru, P. și Pavlov, L. *Metodă de calcul, algoritm și program pentru comportarea conductoarelor într-un panou de întindere la sarcini neuniforme de chiciură și la ruperea lor.* Sesiunea de comunicări ISPE—ISPH, București, 1979.

[2] Gheorghiță, G. și Tetelbaum, V. *Utilizarea dispozitivului de desenare automată cuplat cu calculatoare electronice la proiectarea liniilor electrice aeriene* (lb. germană). În : Bul. ISPE, nr. 3—4, 1974.

[3] Nitu, V., Baciu, A., Neag, Z., Stein, M. și Voinea, D. *Unele considerații asupra influențelor condițiilor naturale extrem de severe din România asupra realizării și funcționării rețelelor electrice.* Rap. CIGRE 22—11, 1978.

[4] Neag, Z., Rosinger, E. și Nunweiller, S. *Calculul stîlpilor de beton precomprimat pentru linii aeriene cu ajutorul calculatoarelor digitale* (lb. engleză). În : Bul. ISPE, nr. 3, 1968.

[5] Kiessling, Fr. *Calculul stării conductorului într-un panou de întindere al unei linii aeriene de energie electrică.* Siemens Forsch. und Entwickl. Berichte, Bd. 1, nr. 1, 1972.

[6] Maria von Bentivegni. *Programe de calculator, bază de date și module pentru calculul conductoarelor în diferite condiții de sarcini mecanice.* Raport 22—03, CIGRE, 1974.

[7] Lorin, M., Martin, P. și Porcheron, J. *Calculul pe calculator automat al pilonilor pentru transportul energiei.* În : RGE, iunie 1974.

[8] * * * *Folosirea calculatoarelor electronice la proiectarea și îmbunătățirea stîlpilor cu zăbrele pentru linii electrice aeriene.* În : Constr. mettaliche (Italia), nr. 1, ian-febr. 1963.

[9] Fenz, I., Georgi, W., Gunther, H. și Solger, E. *Calculul digital al suporților liniilor aeriene de înaltă tensiune.* În : Elektrizitätswirtschaft, nr. 23, 1962, p. 866—871.

[10] Goppert, H., Koch, R. și Mors, H. *Raționalizarea construcțiilor pilonilor pentru linii aeriene de înaltă tensiune prin utilizarea programului SIP (SISTEM INTEGRAT DE DATE PENTRU PILONII CU ZĂBRELE),* Rap. 22—07, CIGRE, 1974.

[11] * * * *Proiectarea stîlpilor de înaltă tensiune cu ajutorul calculatoarelor.* În : Electrical World, nr. 3, febr. 1972.

[12] Alt, H. *Calculul digital al diagramei de funcționare a liniilor de înaltă tensiune.* În : Elektrizitätswirtschaft, nr. 4, 1971.

[13] Kahnt, R. *Dimensionarea conductoarelor liniilor aeriene trifazate.* Entwickl. Ber. Siemens, sept. 1964.

[14] Hesse, M. H. *Determinarea prin calculator digital a parametrilor electromagnetici și electrostatici ai unei linii de energie electrică.* IEE Raport, iunie 1963.

[15] Kadeișvili, V. G. și Urușadze, A.S. *Amplasarea optimă a stîlpilor pe traseu cu ajutorul calculatoarelor electronice.* În : Electriceskie stanții.

[16] Badiou, I. P. și Testart, R. *Studiul cu calculatorul al repartiției suporților unei linii aeriene.* În : RGE nr. 9, oct. 1970.

[17] Popp, R. E., Dobokis, C. I. și Fullerton, F. M. *Program de calculator electronic care permite amplasarea optimizată a stîlpilor pentru transportul energiei electrice.* IEE Raport, iunie 1963.

[18] White, H. B. *Raport special al Grupei 22* (Linii aeriene) punctul 2 — *Calculul digital al liniilor electrice de transport.* CIGRE, 1974.

[19] Carlshem, W. și Persson, E. *Sistem de tratare a datelor pentru rutine iterative în calculul liniilor aeriene de energie electrică.* Rap. 22—02. CIGRE, 1974.

[10] Bontempo, M., Cattaruzzo, M., Dell'Olio, D., Martelli, G. și Paris, L. *Elaborarea automată a proiectelor de linii și stații electrice.* Rap. 23—11, CIGRE, 1972.

[21] Zaikin, V. *Principiile sistemului automat de proiectare a liniilor de energie electrică.* În : Elektricestvo nr. 2, 1973.

Evoluția în I.S.P.E. a metodelor și soluțiilor de proiectare pentru stațiile electrice

Ing. **B. Stoleru**

Ing. **D. Voinea**

— ISPE —

La data constituirii ISPE, în anul 1949, se împlineau aproape șase decenii de la realizarea, pentru prima dată în lume, a transportului energiei electrice în curent alternativ la înaltă tensiune (30 kV), 37 ani de la punerea în funcțiune a primei instalații de 110 kV și 26 ani de la prima instalație de 220 kV, tensiunea cea mai ridicată pe plan mondial fiind la acea dată 287 kV.

În România fuseseră construite în perioada anterioară mai multe rețele de transport de medie tensiune, de 3—60 kV, inclusiv o arteră de 110 kV (în 1930), dar nu se proiectase complet în țară nici o stație cu tensiunea de serviciu mai mare de 30 kV.

În cei 30 de ani parcurși de la acea dată pînă în prezent s-au realizat, pe baza proiectelor elaborate exclusiv în țară, toate stațiile de

rețea din cadrul sistemului energetic național, adică*) :

— cîteva sute de instalații de 110 kV, începînd din anul 1950 ;
— 57 instalații de 220 kV, începînd din anul 1962 ;
— 13 instalații de 400 kV, începînd din anul 1970,

precum și numeroase alte lucrări de amplificări și modernizări de instalații, montări de compensatoare sincrone etc., iar în ultima perioadă numeroase proiecte de stații electrice pentru export, într-o serie de țări din Europa, Asia, Africa și America.

Asimilîndu-și relativ rapid practica proiectării acestor instalații, ISPE și-a format treptat o concepție proprie, în cadrul căreia elementele preluate din tehnica țărilor industrial avansate au fost adaptate cu discernămînt la condițiile economice din țara noastră, ceea ce a prilejuit, nu de puține ori, valoroase contribuții originale ale inteligenței românești.

Factorii care au influențat formarea și evoluția concepției de proiectare a stațiilor electrice din țara noastră, în perioada respectivă, au fost mai ales următorii :

— anumite particularități ale economiei românești în dezvoltare ;
— gradul de electrificare a țării ;
— fabricația de echipamente ;
— condițiile de execuție ;
— condițiile de exploatare ;
— evenimente deosebite apărute în funcționarea sistemului energetic, sub acțiunea unor factori perturbatori externi și interni ;
— contactele cu tehnica unor țări cu nivel industrial ridicat.

În cele ce urmează se face o succintă prezentare a acestor factori, precum și a consecințelor mai importante pe care le-au avut în practica de proiectare.

1. Particularitățile de dezvoltare a economiei românești

O influență deosebită au avut în special următoarele elemente : ritmul de dezvoltare foarte accentuat, resursele limitate de fonduri de investiții, de devize pentru importuri și de anumite materiale de bază (cupru, oțel, ciment), precum și cerințele cu privire la protejarea fondului funciar agricol.

A fost necesar să se adopte tehnici de proiectare și execuție care să asigure realizarea unui număr mare de obiective într-un timp relativ scurt, în condițiile unor severe restricții economice. În acest scop s-a recurs la :

— Tipizarea soluțiilor de proiectare (scheme, dispoziții constructive, specificații etc.), ceea ce a permis reducerea considerabilă nu numai a volumului muncii de proiectare, ci și a manoperei la șantier, prin industrializarea execuției, respectiv prin prefabricarea în ateliere și fabrici a construcțiilor și a subansamblurilor tehnologice. Acțiunea a fost declanșată în perioada 1955—1960 și urmărită cu perseverență în continuare. În prezent se dispune de proiecte-tip pentru instalații de înaltă tensiune pînă la 400 kV inclusiv.

— Simplificarea soluțiilor, în special prin : limitarea redundanței schemelor de conexiuni primare și secundare, evitarea pe cît posibil a lucrărilor realizate anticipat pentru extinderi, ameliorarea dispozițiilor constructive (reducerea construcțiilor pentru susținerea căilor de curent prin folosirea cu precădere a legăturilor directe între aparate, descentralizarea protecției și a distribuției curentului operativ continuu și alternativ la stațiile mari, raționalizarea spațiilor și dispozițiilor constructive la blocul de comandă etc.).

— Folosirea în exclusivitate a tipurilor de aparate și materiale fabricate în țară, recurgîndu-se la import numai pentru categoriile de produse neasimilate încă de industria proprie (în prezent se procură din import doar unele tipuri de descărcătoare, relee de protecție și automatizare, aparate de măsură, telemecanică și telecomunicații). Prin proiectare s-a urmărit punerea în valoare în cît mai mare măsură a posibilităților oferite de echipamentul românesc, dar sortimentul mai puțin diversificat și fiabilitatea mai redusă a unora dintre produse a limitat într-o oarecare măsură performanțele soluțiilor realizate.

— Reducerea consumului de materiale deficitare prin : larga folosire a construcțiilor din beton armat (iar atunci cînd a rezultat mai avantajos, din laminate de oțel — de preferință numai în structuri cu zăbrele), reducerea dimensiunilor geometrice și a solicitărilor la cadre și suporturi de aparate, utilizarea, practic în exclusivitate, a aluminiului pentru căile de curent primare, raționalizarea fluxurilor de cabluri de comandă-control, folosirea unor tensiuni ridicate pentru curentul operativ alternativ (380/220 V) și continuu (220 V) și a unor curenți nominali reduși în secundarele reductoarelor de curent (1 A), folosirea electrozilor din oțel pentru instalațiile de legare la pămînt etc.

— Reducerea terenului ocupat prin raționalizarea dispoziției constructive atît pentru fiecare subansamblu în parte (stații de înaltă tensiune, bloc de comandă etc.), cît mai ales pentru ansamblul instalațiilor. Acționînd în direcția evitării terenurilor productive, a trebuit să se accepte, mai ales în ultimul timp, o creștere uneori semnificativă a costului lucrărilor de amenajare (pentru nivelări, suprainălțări, consolidări de fundații etc.).

*) Situația la 1 ianuarie 1979.

2. Nivelul de dezvoltare a electrificării țării

În dezvoltarea electrificării țării, următoarele etape caracteristice au fost marcate de modificări mai importante în concepția de proiectare a stațiilor electrice : crearea și consolidarea unui sistem interconectat unic la tensiunea de transport de 110 kV (1950—1962), apariția și extinderea tensiunilor foarte înalte, de 220 și 400 kV, în sistemul energetic național (1962—1975) și dezvoltarea rețelelor de transport cu precădere la tensiunea de 400 kV (după 1975).

— În prima etapă, cea mai mare parte a stațiilor de 110 kV au fost realizate la început cu scheme de conexiuni bogate (de regulă cu bare colectoare duble, adeseori și cu bară de transfer). Schemele simple, sub formă de blocuri sau bare colectoare simple, constituiau excepții și erau folosite mai mult la instalații cu caracter provizoriu.

Către sfîrșitul celui de-al șaselea deceniu, după ce se realizase sistemul interconectat unic, amplificarea rețelelor de 110 kV a început să se facă și din necesități de distribuție a energiei produse la un număr tot mai mare de consumatori industriali importanți, repartizați pe întreg cuprinsul țării și care nu mai puteau fi deserviți în condiții economice decît la această tensiune. Stațiile de 110 kV realizate pentru această funcție au putut fi concepute cu scheme mai simple, întrucît ele nu mai constituiau nodurile sistemului de transport.

Tot în această etapă au apărut și primele stații de 110 kV de tip interior, în special în incinta marilor orașe, ca urmare a creșterii accentuate a consumului urban.

— Odată cu introducerea în etapa de după 1962 a transportului la tensiuni mai înalte (220 kV și 400 kV), rețeaua de 110 kV a căpătat din ce în ce mai mult rolul unei rețele de distribuție, și ca urmare ritmul de construcție a stațiilor de 110 kV a crescut considerabil, de la aproximativ 10/an la sfîrșitul perioadei 1950 — 1960 la peste 50/an în perioada 1970—1975. A devenit, de aceea, necesară tipizarea avansată a proiectelor pentru această categorie de instalații.

Primele stații de 220 kV au fost realizate cu scheme poligonale (triunghiuri), dar ulterior s-au aplicat pe scară largă și la această tensiune conexiuni cu bare colectoare.

Pentru stațiile de 400 kV s-au adoptat de la început și în mod generalizat scheme cu dublu sistem de bare și bară de transfer.

— În ultima etapă, prin dezvoltarea sistemului rețelelor de 400 kV și limitarea extinderii instalațiilor de 220 kV, funcția de transport este preluată în cea mai mare parte de această tensiune. Dar în același timp unele linii de 400 kV tind să capete tot mai mult rolul de artere de repartiție a energiei electrice, în locul celui inițial, de magistrale pentru transport interzonal. Aceasta are loc ca urmare a înmulțirii centrelor cu consumuri concentrate mari situate în apropierea magistralelor de 400 kV, și pentru care se impune deservirea directă din rețeaua de 400 kV în cea locală de 110 kV.

Consecințele acestei situații sînt în principal următoarele :

— Stațiile de 220 kV și-au restrîns în general profilul la un număr redus de circuite, în care caz s-au folosit scheme simplificate (bare simple, poligoane cu 3—4 laturi, blocuri) ; stațiile de 400 kV, constituind noduri importante ale rețelei de transport, s-au realizat în continuare cu scheme bogate (2 sau 3 sisteme de bare colectoare), iar la cele numai cu rol de injecție, în rețele locale de 110 kV, s-au aplicat în unele cazuri conexiuni poligonale cu pînă la patru laturi, sau blocuri.

— Pe măsura dezvoltării rețelelor electrice s-a modificat și modul de rezervare a echipamentului primar din instalații.

Utilizarea unei celule de rezervă, comutabilă printr-o bară de transfer, a fost menținută generalizat numai la stațiile de 400 kV noduri de sistem. În celelalte situații, rezervarea s-a asigurat fie prin celula de cuplă transversală (în cazul conexiunilor cu dublu sistem de bare colectoare), fie prin celula unei laturi adiacente (în cazul schemelor poligonale sau H), fie prin celula sau celulele unei alte stații, care constituie a doua alimentare a receptoarelor respective (caz ce tinde să se generalizeze la nivelul rețelei de distribuție de 110 kV).

3. Fabricarea echipamentelor

Pînă către sfîrșitul deceniului 1950—1960, echipamentul de înaltă și joasă tensiune a fost în cea mai mare parte procurat din străinătate, cu precădere din U.R.S.S. și în mai mică măsură din celelalte țări socialiste (Cehoslovacia, Ungaria, Republica Democrată Germană).

În această etapă, diversitatea relativ mare a tipurilor de aparate importate a împiedicat în mare măsură unificarea soluțiilor de proiectare. Acest lucru a devenit posibil în mod efectiv abia după ce industria din țară a reușit să asimileze și să asigure în producția de serie majoritatea echipamentelor pînă la 110 kV inclusiv.

În perioada 1963—1970 a fost introdusă în fabricație — pe bază de licențe achiziționate de la firmele Delle-Alsthom, Brown Boveri, Micafil etc. — o serie nouă de aparate de 6—400 kV, cu performanțe ridicate, realizate după tehnologii avansate. În felul acesta, s-au creat condițiile necesare pentru asigurarea, practic numai din țară, a întregului echipament electric necesar stațiilor electrice de toate tensiunile.

Organizarea sistemului energetic național într-o concepție unitară, încadrată în perspective de lungă durată, a permis alegerea unei game relativ restrînse de trepte pentru parametrii nominali și de performanță, care să acopere în condiții satisfăcătoare majoritatea cerințelor de echipare a noilor instalații pe o perioadă de 15—20 de ani.

Preocupările susținute pentru tipizarea soluțiilor au oferit, pe de altă parte, condiții ca și din punct de vedere constructiv să se poată limita numărul tipurilor de echipamente necesare. Aceste elemente au simplificat în mare măsură problemele industriei electrotehnice, aflată în plin proces de formare și dezvoltare.

Desigur, diversificarea mai redusă a echipamentului s-a resimțit într-o oarecare măsură în proiectarea instalațiilor, promovarea unor soluții de eficiență ridicată trebuind să fie temporar amînată (de exemplu cele care necesitau folosirea separatoarelor pantograf, a barelor tubulare rigide etc.).

Unele probleme legate de fiabilitatea, nu totdeauna la nivelul scontat, a aparatajului au determinat măsuri suplimentare de rezervare și protecție în scheme și dispoziții constructive, ca: folosirea extinsă a barelor de transfer, evitarea racordării directe la barele colectoare a transformatoarelor de tensiune și a descărcătoarelor etc.

Datorită întîrzierii intervenite în asimilarea echipamentului de înaltă tensiune capsulat în SF_6, acesta nu a putut fi încă aplicat, deși într-o serie de situații oferea soluții tehnice mai avantajoase.

Din cele arătate rezultă că fabricarea de echipamente a jucat un rol hotărîtor în dezvoltarea concepției de proiectare a stațiilor electrice, prin realizări deosebite, avînd în vedere domeniul larg de produse pe care a reușit să-l acopere, cu excepția cîtorva neîmpliniri.

4. Condițiile de execuție

Proiectarea a fost antrenată în special în rezolvarea următoarelor cerințe majore ale execuției:

— asigurarea unor condiții de productivitate ridicată, prin industrializarea execuției și reducerea volumului de muncă pe șantier;

— crearea condițiilor pentru organizarea unei bune aprovizionări cu materiale și echipamente, prin limitarea sortimentelor folosite și livrarea proiectelor cu avansul necesar efectuării pregătirii tehnico-materiale a execuției.

În consecință, soluțiile de proiectare adoptate a trebuit să fie concepute încă de la început în ideea unei prefabricări cît mai avansate a construcțiilor și montajului. Astfel, în timp ce la primele stații se executau preturnat, pe șantier, numai cadrele și suporturile de aparate din exterior, ulterior, după punerea în funcțiune a unei fabrici de elemente din beton centrifugat (1955), întreaga suprastructură a stațiilor de tip exterior a fost realizată prefabricat.

Pentru ca această tehnică să poată fi extinsă cu succes și la celelalte părți de construcție, a trebuit să se reconsidere, funcție și de condițiile create prin dezvoltarea sistemului, o serie de soluții tehnologice. De exemplu, descentralizarea instalațiilor de protecție prin relee a creat posibilitatea simplificării blocurilor de comandă și a reducerii considerabile a secțiunii canalelor de cabluri, ceea ce a permis abordarea cu șanse mai mari de reușită a prefabricării construcțiilor respective.

Prefabricarea montajului s-a realizat la celulele de medie tensiune, la panouri, dulapuri, stelaje și cutiile de cleme de la instalațiile de comandă-control, la tablourile de distribuție de joasă tensiune pentru serviciile proprii de curent continuu și curent alternativ etc. Toate aceste confecții se realizau inițial integral pe șantier, apoi în atelierele întreprinderilor de execuție, iar în prezent în fabrici specializate.

Prefabricarea la scară industrială a construcțiilor și montajului ar fi fost imposibil de realizat fără o tipizare avansată a soluțiilor tehnice, mergînd pînă la tratarea într-o concepție unitară a componentelor care intră în alcătuirea stațiilor de diferite tensiuni. Pe această bază s-au putut restrînge, în limite raționale, sortimentele de materiale folosite în stații (conductoare neizolate, cabluri de circuite secundare, cleme și armături, laminate etc.) și implicit s-a obținut o creștere apreciabilă a productivității muncii, nu numai la execuție, ci și la proiectare.

5. Condițiile de exploatare

Rezultatele obținute în funcționarea și întreținerea stațiilor au determinat din partea organizațiilor de exploatare, după caz, aprecieri favorabile, cerințe suplimentare, sau obiecții față de soluțiile de proiectare prezentate. Principalele deziderate ale exploatării au fost totdeauna următoarele:

a) o înaltă siguranță în funcționare, realizată în primul rînd prin calitatea aparatajului și materialelor folosite, iar atunci cînd nu se putea obține un echipament cu fiabilitate foarte bună, prin măsuri suplimentare — în scheme și dispoziții constructive — în vederea limitării extinderii avariilor (secționări, separări) și a facilitării repunerii rapide în funcțiune a instalațiilor după avarii (rezervarea componentelor mai importante);

b) simplificarea deservirii operative;

c) simplificarea lucrărilor de revizii-reparații.

La acestea s-ar mai putea adăuga și cerința creării posibilităților unei analize obiective a funcționării instalațiilor, atît în regim normal cît și în timpul avariilor.

În legătură cu aspectele de siguranță trebuie arătat că proiectantul s-a străduit totdeauna să găsească un echilibru rațional între cerințele (uneori mai puțin flexibile) ale exploatării și posibilitățile limitate de finanțare a lucrărilor de investiții.

Desigur, utilizarea aproape în exclusivitate a produselor unei industrii electrotehnice aflate în plin proces de formare și dezvoltare, cum a fost și mai este cea din țara noastră, a ridicat numeroase probleme pentru exploatare, datorită fiabilității mai reduse a acestor produse. De aceea a trebuit să fie luate precauții în plus în scheme (rezervări de celule, transformatoare de putere, bare colectoare, căi de alimentare, secționarea sistemelor de bare etc.) și la dispozițiile constructive (separări de protecție în instalațiile de înaltă tensiune, evitarea amplasării în zona barelor colectoare a aparatelor cu fiabilitate scăzută etc.).

Pentru simplificarea deservirii operative a stațiilor a fost amplificat continuu volumul automatizărilor (RAR, AAR, DAS, încărcarea automată a bateriilor de acumulatoare etc.), iar o serie de obiective au fost telemecanizate. Totuși, în prezent stațiile de 400 kV și 220 kV și un număr de stații de 110 kV continuă să fie exploatate cu personal permanent.

În cadrul soluțiilor constructive adoptate pentru stațiile electrice s-a căutat să se asigure accese normale la întregul echipament, atît pentru supraveghere cît și în condițiile lucrărilor de revizii și reparații. În acest scop a trebuit să se țină seama de utilajele de intervenție din dotarea întreprinderilor de exploatare, care însă practic nu diferă de cele folosite la montaj.

Preocupările pentru realizarea de dispoziții constructive compacte, care să conducă la ocuparea unor suprafețe de teren minime, la volume construite cît mai reduse și implicit la diminuări apreciabile ale cheltuielilor de investiții, pe lîngă alte avantaje pentru economia națională, au scos în evidență necesitatea folosirii unui utilaj de intervenție mai bine adaptat condițiilor exploatării, respectiv cu gabarite de transport cît mai reduse și o maniabilitate foarte ridicată. Doecamdată s-a realizat relativ puțin în această direcție, ceea ce a creat nu numai dificultăți în promovarea unor soluții de proiectare mai avantajoase, dar mai ales în creșterea productivității muncii la lucrările de revizii-reparații.

În vederea asigurării condițiilor necesare unei analize obiective a funcționării instalațiilor, stațiile au fost prevăzute cu echipamente înregistratoare atît pentru situațiile normale de funcționare (măsura tensiunii la barele colectoare, a puterii active și reactive pe linii și transformatoare etc.), cît și pentru perioadele de avarii (osciloperturbografe).

Gradul actual de dotare cu astfel de echipamente este numai parțial satisfăcător și aceasta mai ales în ceea ce privește înregistrarea evenimentelor și a proceselor tranzitorii, limitările fiind impuse însă exclusiv de dificultăți de procurare din țară sau din import.

6. Evenimente deosebite apărute în funcționarea stațiilor

Funcționarea stațiilor electrice a fost perturbată în cazul:

— incendiilor;
— solicitărilor naturale extreme (inundații, cutremure);
— poluării intense a izolației;
— defectelor apărute în zona barelor colectoare;
— avariilor extinse de sistem,

cînd reluarea serviciului normal s-a putut face cu dificultăți considerabile și după intervale de timp mari.

Fiecare dintre aceste evenimente au evidențiat necesitatea completării sau corectării anumitor reguli și uzanțe de proiectare. În urma unor astfel de evenimente, principalele reorientări au fost următoarele:

6.1. *Măsuri pentru prevenirea apariției și extinderii incendiilor*

— prevederea de instalații fixe de stins incendiul la transformatoarele mari montate în aer liber (în stațiile de 400 kV) sau în clădiri ($P > 40$ MVA);

— prevederea de separări rezistente la foc în instalațiile electrice de înaltă tensiune de tip interior, la limita dintre două secții de bare colectoare;

— introducerea de reglementări severe cu privire la gospodăriile de cabluri (folosirea de cabluri cu învelișuri izolante și de protecție greu combustibile, în toate cazurile de pozare deschisă, separarea longitudinală rezistentă la foc a fluxurilor de cabluri care se rezervă reciproc, separarea transversală rezistentă la foc a canalizărilor de cabluri la derivații, treceri prin pereți și planșee, precum și la intervale de cel mult 50 m, prevederea de detectoare de incendiu și instalații fixe de stingere în poduri și tunele de cabluri etc.); de asemenea, prin soluțiile tehnologice adoptate (descentralizarea protecției prin relee și a contoarelor) s-au redus mult fluxurile de cabluri dintre instalația de înaltă tensiune și camera de comandă, s-a extins pozarea direct în pămînt a cablurilor în incinta stațiilor exterioare și s-au eliminat podurile de cabluri de sub camera de comandă.

6.2. *Măsuri pentru evitarea efectelor inundațiilor catastrofale*

— reconsiderarea gradelor de asigurare a stațiilor în zonele expuse inundațiilor, în funcție, pe de o parte, de importanța stației (exprimată prin tensiune) și, pe de altă parte, de importanța consumatorilor deserviți;

— dozarea măsurilor de prevenire a efectelor inundațiilor după două nivele de asigurare : un nivel de bază, pentru care se împiedică orice agravare a condițiilor normale de funcționare și exploatare a instalațiilor, și un nivel de excepție, cînd se admit dificultăți temporare de exploatare în urma inundării platformei, dar se garantează funcționarea principalelor instalații.

6.3. *Măsuri pentru limitarea acțiunii cutremurelor de pămînt*

— utilizarea cu precădere a conductoarelor flexibile pentru căile de curent de înaltă tensiune și a racordurilor elastice la transformatoarele de putere ;

— ancorarea de fundație a cuvelor transformatoarelor ;

— consolidarea antiseismică a bateriilor de acumulatoare ;

— îmbunătățirea comportării aparatajului la acțiuni dinamice (mai ales prin deplasarea frecvenței naturale în afara spectrului seismic critic, acționînd asupra coeficientului de amortizare).

6.4. *Măsuri pentru combaterea agenților poluanți*

— amplasarea stațiilor de sistem în zone cu poluare moderată și pătrunderea în incinta platformelor industriale, intens poluate, de regulă numai cu racorduri adînci de tip bloc linie-transformator, sau cu stații de tip interior ;

— adoptarea unor linii de fugă majorate pentru izolația externă (mai ales la izolația la care se intervine cu dificultate pentru curățire sau tratare, de exemplu la lanțurile de izolatoare de la extremitățile conductoarelor flexibile dispuse la înălțime).

6.5. *Măsuri pentru reducerea riscului de avarii în zona barelor colectoare*

— limitarea numărului punctelor de izolație solidă, care sînt surse potențiale de defect ;

— evitarea, pe cît posibil, a racordării directe la barele colectoare sau a dispunerii în imediata apropiere a acestora a aparatelor cu fiabilitate mai redusă sau a căror deteriorare poate fi însoțită de explozii (descărcătoare, transformatoare de măsură în ulei etc.) ;

— adoptarea unor coeficienți de siguranță mecanică și termică ridicați pentru conductoarele și izolatoarele care intră în compunerea barelor colectoare.

6.6. *Măsuri pentru preîntîmpinarea dificultăților de reluare a serviciului în urma unor avarii extinse de sistem*

— prevederea unor grupuri de intervenție rapidă (generatoare diesel-electrice de curent alternativ) în toate stațiile importante de 400 kV și 220 kV ;

— prevederea de dispozitive de sincronizare manuală în toate stațiile de rețea 110—400 kV și de sincronizare automată în cîteva noduri foarte importante ale sistemului.

Măsurile prezentate s-au dovedit a fi, în marea majoritate a cazurilor, corespunzătoare, confirmate și de faptul că în împrejurări similare comportarea instalațiilor a fost incomparabil mai bună, iar cheltuielile suplimentare, ocazionate de aceste măsuri, au afectat în mod rezonabil indicatorii de bază ai investițiilor.

7. Contactele cu tehnica unor țări cu nivel industrial avansat

Accesul la tehnica unor țări puternic industrializate din Europa s-a făcut pe multiple căi : literatură de specialitate (cărți, periodice), participarea la congrese, conferințe, expoziții și tîrguri, documentații de proiectare pentru obiective livrate de furnizori din străinătate, prescripții de proiectare, stagii de specializare, consultațiile unor specialiști străini, vizite de documentare etc.

Aceste contacte au jucat un rol important în formarea concepției de proiectare din institut în perioada primului plan de electrificare a țării, iar ulterior au oferit elemente utile pentru aprecierea nivelului tehnic al soluțiilor folosite și orientarea preocupărilor de perspectivă.

*

În ceea ce privește contribuția originală românească în acest domeniu, ea s-a concretizat printr-un mare număr de lucrări care s-au bucurat de aprecieri favorabile în rîndul specialiștilor din țara noastră, iar unele dintre ele au suscitat interes și peste hotare. Dintre acestea se menționează :

— metodele de calcul mecanic al conductoarelor flexibile (întinse între cadre de ancorare, între aparate, sau susținute pe role) ;

— soluțiile constructive pentru instalații de înaltă tensiune de tip exterior, 110—400 kV, în dispoziții compacte (cu bare înclinate, cu cadre de înălțime redusă, cu posibilitatea de trecere de la scheme poligonale la scheme cu bare colectoare etc.) ;

— metodele de proiectare, cu ajutorul calculatorului electronic, a schemelor de montaj și rețelelor de cabluri aferente instalațiilor de comandă-control.

Concluzii

Experiența de proiectare din ISPE, acumulată de-a lungul celor trei decenii de existență, a validat cîteva principii generale, care ar trebui să rămînă în atenție și în etapele de dez-

voltare ce vor urma, acestea fiind, pe scurt, următoarele :

1. Progresul tehnic trebuie introdus planificat, în etape atent și cu grijă pregătite, nu în mod spontan ; de asemenea în trepte (mari), nu continuu.

2. Promovarea soluțiilor noi, perfecționate, trebuie făcută numai atunci cînd toți factorii care participă la realizarea lor (exploatare, execuție, fabricație) au depășit gradul minim de maturizare necesar.

3. Optimul unei soluții tehnice de stații trebuie realizat la nivelul ansamblului instalațiilor, care de regulă nu coincide cu optimul fiecărei componente.

4. Claritatea soluțiilor tehnice trebuie să constituie un obiectiv major al proiectării ; ea previne în mare măsură apariția unor situații mai dificil de rezolvat, sau chiar scăparea din vedere a anumitor aspecte, care pot deveni critice.

5. Elasticitatea schemelor și dispozițiilor constructive reprezintă o cerință de bază, decurgînd din specificul stațiilor electrice, obiective al căror profil este, de cele mai multe ori, supus unui proces de continuă transformare. (Obținerea unei elasticități ridicate poate motiva, în anumite limite, investiții suplimentare în etapele inițiale).

6. Tipizarea soluțiilor tehnice, pînă la nivel de subansamblu, constituie o necesitate obiectivă atît pentru proiectare, cît și pentru industrie, execuție și exploatare ; ea devine posibilă însă numai dacă se asigură livrarea, cu continuitate, a acelorași tipuri de echipamente (preferabil prin asimilarea fabricației lor în țară) și dacă se dispune de o reglementare tehnică avansată a metodelor și măsurilor de proiectare.

Alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali. Evoluția conceptelor și tendințe de viitor

Ing. **H. Albert**
Ing. **M. Ciobanu**
Ing. **I. Florea**
— ISPE —

1. Generalități

Adoptarea soluției optime de alimentare cu energie electrică a marilor întreprinderi este o problemă complexă, care implică analiza unui mare număr de restricții și de factori, dintre care unii au caracter aleatoriu, iar alții nu sînt cunoscuți decît parțial în perioada de elaborare a primelor proiecte de lucrări energetice. Astfel de situații se întîlnesc mai ales în cazul marilor complexe chimice și metalurgice, a căror dezvoltare se extinde, de regulă, pe o perioadă de 10—15 ani, uneori chiar mai mult.

Se pot cita cazuri în care necunoașterea perspectivei de dezvoltare și a unor factori restrictivi ca, de exemplu, poluarea, a condus la soluționări parțiale și modificări ulterioare costisitoare ale schemei de alimentare.

În aceste condiții, colectivul de proiectare este confruntat cu următoarele probleme principale :

1. Asigurarea unei soluții de alimentare simple și economice, care să confere consumatorului gradul optim de siguranță pentru fiecare etapă de dezvoltare.

2. Asigurarea unei scheme modulare și elastice, care să permită în orice etapă :

— adaptarea la soluțiile moderne care pot să apară în instalațiile tehnologice și electrice ;

— posibilitatea de alimentare a unor obiective neprevăzute sau care apar ca urmare a modificării etapizării inițiale.

3. Corelarea optimă a dezvoltării instalațiilor sistemului energetic zonal și a instalațiilor consumatorului.

În cele ce urmează se prezintă principalele criterii și metode utilizate pentru soluționarea problemelor menționate, cu exemplificări în instalații concrete.

2. Criterii de bază și reglementări utilizate pentru optimizarea soluției de alimentare

După cum este cunoscut, în schemele de alimentare cu energie electrică a întreprinderillor industriale, se disting, în funcție de apartenența instalațiilor, următoarele componente :

— *sistemul intern*, aflat în aval de punctele de delimitare ale instalațiilor, puncte care se fixează prin reglementări specifice ;

— *sistemul extern*, aflat în amonte de aceste puncte.

Responsabilitățile privind continuitatea în funcționare și exploatarea instalațiilor electrice de alimentare se împart între consumatorul de energie electrică, pentru sistemul intern, și furnizor, pentru sistemul extern. Cu toate acestea, la proiectare, schema generală de alimentare a unui complex industrial trebuie analizată în mod unitar, cu luarea în considerare a tuturor factorilor care influențează asupra celor două cerințe de bază ale schemei : siguranța în alimentare și economicitatea, astfel încît calculele de optimizare să cuprindă ansamblul instalațiilor electrice și tehnologice.

Pentru condițiile din România, principiile de alegere a schemelor de alimentare ale întreprin-

derilor industriale sînt sintetizate în prescripții și normative specifice [1], [2], a căror aplicare este obligatorie. Ca principiu de bază se prevede analiza comparativă a unui număr de variante cu diferite structuri, niveluri de siguranță, randamente și impact diferit asupra mediului înconjurător.

Ca puncte de plecare în abordarea problemei și fixarea variantelor de schemă, se consideră : clasa consumatorului, gradul de satisfacere minim și durata maximă a întreruperii admisă în caz de avarie simplă (care afectează o cale de alimentare a obiectivului asigurat), elemente caracterizate de datele din tabelul 1.

rețele), se ia în considerare costul energiei electrice produse în centrale de echivalare (lei/kWh), majorat corespunzător în funcție de nivelul de tensiune al rețelei analizate, ca urmare a cheltuielilor adiționale, care se înregistrează în procesul de transport, transformare și distribuție a energiei electrice de la sursă la consumator ;

— pentru calitatea diferită a energiei furnizate consumatorului, se determină echivalentul economic al fiabilității diferitelor scheme analizate, adică valoarea daunelor medii probabile la consumator, într-o perioadă determinată,

Tabelul 1

Nivelul de siguranță	Gradul de satisfacere minim	Caracteristicile schemei de alimentare în caz de avarie simplă[1]					
		Consum asigurat	Durata maximă admisă a întreruperii				
			Clasa A peste 50 MVA	Clasa B 7,5 — 50 MVA	Clasa C 2,5 — 7,5 MVA	Clasa D sub 2,5 MVA	Observații
1	99,8	Integral	3 s	3 s	3 s	3 s	(2)
2	99,5	Integral	30 min	30 min	2 ore	2—8 ore	(3)
3	98,0	Nu se asigură	Se stabilesc de la caz la caz, în funcție de condițiile locale				

1) În caz de avarie dublă (care afectează două căi de alimentare, sau în cazul defecțiunilor provocate de : fenomene naturale care se manifestă cu o intensitate deosebită, incendii, acțiuni ale unor persoane străine, durata întreruperii este determinată de posibilitățile de reparare a instalațiilor avariate.
(2) Durata maximă de acționare a automaticii de sistem
(3) Durata necesară identificării și izolării defectului și realimentării pe calea neavariată

Criteriul unic de selectare a variantei optime, adoptat de prescripțiile actuale, este indicatorul de eficiență economică, exprimat prin costurile totale pe o perioadă determinată, raportate la aceeași bază de timp, de regulă la anul începerii investiției (actualizare).

Pentru ca în calcule să se reflecte cît mai complet avantajele și dezavantajele diferitelor soluții, este necesar ca în costurile aferente să fie inclusă nu numai valoarea efectivă a investițiilor și a cheltuielilor curente de exploatare, ci și valoarea unor elemente suplimentare (de echivalare), care asigură efecte identice la consumator pentru toate variantele care intră în comparație [3].

Potrivit principiului echivalării, variantele care prezintă condiții mai defavorabile de alimentare a consumatorului, atît cantitativ cît și calitativ, se penalizează cu costurile necesare aducerii acestora la nivelul variantei cu parametrii tehnici cei mai avantajoși. Elementele de echivalare utilizate curent în calcule sînt :

— pentru capacități diferite de producție necesare în sistemul electroenergetic, se iau în considerare investițiile în centrala de echivalare etalon, avînd ca indicator specific costul puterii instalate (lei/kW), în grupuri de putere unitară de 330—660 MW, utilizînd combustibili inferiori, sau păcură la prețul mondial ;

— pentru cantități diferite de energie necesară diferitelor variante (inclusiv pierderile în calculată pentru fiecare obiectiv alimentat pe baza indicatorilor de siguranță ai schemelor ;

— pentru dotările suplimentare, care în unele variante pot fi prevăzute în instalațiile tehnologice ale consumatorului pentru evitarea sau diminuarea daunelor produse de întreruperile în alimentarea cu energie electrică (rezervoare-tampon, castele de apă etc.), se iau în considerare costurile corespunzătoare, atît ca investiții cît și ca cheltuieli curente de exploatare. În mod asemănător sînt incluse și costurile ce privesc protecția mediului înconjurător.

Cu aceste elemente, eficiența economică a unei soluții energetice poate fi apreciată în cazul general prin calculul expresiei cunoscute a cheltuielilor totale actualizate [3]. Este demn de subliniat ponderea deosebită care revine, în contextul actual, pierderilor de putere și energie în diferențierea soluțiilor de alimentare, Astfel, spre exemplu, un supliment de pierderi de 1 MW, într-o anumită soluție, penalizează soluția respectivă cu costuri suplimentare actualizate de 20—34 milioane lei într-o perioadă de 20 de ani, pentru durata de utilizare a sarcinii maxime de 4000—6000 ore/an.

Pentru schemele evolutive, analiza comparativă a variantelor se efectuează pe perioade semnificative, adesea fiind mai comod să se ia ca reper schema din etapa finală, pe baza căreia se deduc schemele din etapele de tranziție prin eliminări succesive, urmînd diferite strategii,

în funcție de echipamentul disponibil, de condițiile de teren etc.

Criteriile menționate se pot aplica pentru optimizarea oricărei scheme de alimentare pentru care se dispune de date statistice privind fiabilitatea elementelor componente. Totuși, pentru a evita calculele laborioase la proiectarea rețelelor industriale de medie tensiune puțin extinse sau de importanță mai redusă, s-a menținut ca etapă de tranziție caracterizarea receptoarelor consumatorilor prin clasificarea în patru categorii: 0, 1, 2, 3, pentru care se prevăd soluționări diferite în ceea ce privește numărul de căi de alimentare și caracteristicile punctelor de racord (vezi anexa).

Clasificarea receptoarelor pe categorii, cu stabilirea duratei admisibile a întreruperilor în alimentare se efectuează de proiectantul instalației respective, cu consultarea furnizorului de echipamente și a organelor Ministerului Energiei Electrice.

3. Metode, algoritme și programe de calcul utilizate pentru analiza și optimizarea soluțiilor de alimentare

Metodele obișnuite de efectuare a calculelor tehnico-economice comparative, cu considerarea factorului timp, sînt în prezent completate prin introducerea echivalentului economic al fiabilității schemelor și elementelor de echivalare menționate mai sus.

Pentru calculele de fiabilitate se utilizează modelarea funcționării instalațiilor energetice prin procese stocastice de tip Markov cu timp continuu și probabilități de tranziție staționare, considerînd o durată de referință suficient de mare ($t \to \infty$), astfel încît evoluția procesului este practic independentă de starea inițială [6].

Indicatorii de fiabilitate care se calculează curent pentru schemele de alimentare ale consumatorilor industriali sînt definiți în [2]. Pe baza acestor indicatori, se poate aprecia comportarea în timp a unei întreprinderi cu profil economic cunoscut, prin calculul daunelor medii probabile care sînt susceptibile a se înregistra pentru discontinuități în alimentare de durate diferite.

Automatizarea calculelor este asigurată prin programele elaborate pentru calculatoarele IRIS—50 și FELIX C—256. Astfel, cu programele din grupul SAFETY pentru o schemă descrisă prin intensitățile de avariere (λ) și reparare (μ) ale elementelor componente și lista elementelor care generează refuzuri, se obțin direct probabilitățile de stare, specificația de timp a întreruperii, durata totală, numărul de întreruperi și durata medie. Cu programele existente se poate optimiza și siguranța alimentării unei zone cu consumatori prioritari, astfel încît eficiența economică să fie maximă. Problema se rezolvă prin programare liniară, prin minimizarea funcției care reprezintă valoarea totală a puterii generate și a daunelor la consumatori.

4. Scheme de alimentare adoptate și tendințe pentru viitor

Aplicarea criteriilor și metodelor de calcul enunțate și a programelor de calcul adecvate a permis analiza unui mare număr de variante pentru o serie de întreprinderi industriale și adoptarea unor scheme de alimentare simplificate și cu grad de siguranță ridicat.

Pentru exemplificare, în cele ce urmează se prezintă modul de alegere a alimentării din SE a unei întreprinderi constructoare de mașini, plecînd de la următoarele date de bază:

A. *Caracteristicile consumatorului*

1. Puterea maximă de calcul (semiorară) 19,7 MW
2. Durata de utilizare a puterii maxime 6000 h/an
3. Surse proprii (1 grup generator) 3 MW
4. Tensiunea de distribuție în sistemul intern 6 kV
5. Factorul de putere mediu în punctul de racord 0,92
6. Categorii de receptoare:
   - categoria zero 0,42 MW
   - categoria 1 16,5 MW
   - categoria 3 2,8 MW
7. Consecințele întreruperilor în alimentare:
   - perturbarea procesului tehnologic, pierderi de producție și materiale evaluate astfel:
   - daune proporționale cu durata întreruperii, $d_1 = 20$ mii lei/h;
   - daune specifice la întreruperile cu durata mai mare de 1 min, $d_2 = 50$ mii lei/întrerupere;
   - avarii de utilaje la receptoarele de categoria zero, după întreruperile mai mari de 5 min.

B. *Caracteristicile sistemului electroenergetic zonal*

1. Energia electrică necesară consumatorului este disponibilă la tensiunea de 110 kV într-o LEA 110 kV cu simplu circuit, situată la circa 5 km distanță de întreprindere și care face parte dintr-o buclă de 110 kV.

2. Parametrii de fiabilitate echivalenți în stațiile de 110 kV adiacente liniei sînt:
   - intensitatea de avarie $\lambda = 0{,}95 \times 10^{-8}$, S^{-1}
   - intensitatea de reparare $\mu = 5555 \times 10^{-8}.S^{-1}$

C. *Variante de alimentare a consumatorului*

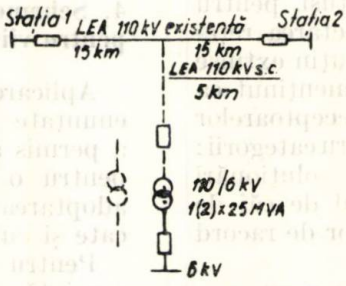
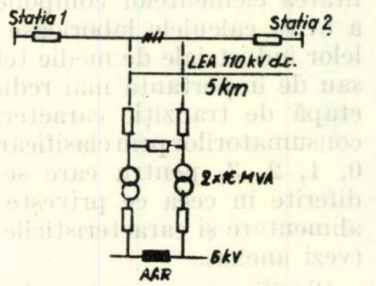
Variantele de alimentare considerate sînt prezentate în tabelul 2. În fiecare variantă alimentarea de rezervă a receptoarelor de categoria zero se asigură dintr-o sursă independentă — un generator de 500 kVA, acționat de un motor termic cu pornire rapidă.

Varianta 1 a. Alimentarea întreprinderii se preconizează printr-o singură cale de alimentare, un racord de 110 kV, în derivație la LEA 110 kV existentă. Transformatorul de 110/6 kV se alege la puterea de 25 MVA, întrucît sarcina de durată a consumatorului este de 21,3 MVA, în perioadele în care grupul propriu de 3 MW este indisponibil.

Varianta 1 b. Este identică cu varianta precedentă, dar se prevede procurarea în plus a unui transformator de 110/6 kV — 25 MVA, care reprezintă rezerva rece a transformatorului activ.

Varianta 2. Alimentarea se realizează prin stația de 110/6kV, echipată cu două unități de transformare, racordată printr-o LEA 110 kV c.c. de 5 km, intrare-ieșire din LEA existentă. Este de remarcat faptul că, în cazul în speță, datorită caracteristicilor consumatorului și existenței a două transformatoare

Tabelul 2

Varianta			1		2
Schema de principiu					
Denumirea indicatorului	Simbol	U.M.	Valoare a)	Valoare (b	Valoare
Investiţii	I	mii lei	5 216	6 481	11 185
Investiţii de echivalare	I_e	mii lei	1 530	1 530	2 060
Cheltuieli anuale totale	C_a	mii lei	3 446	1 945	1 523
— costul pierderilor	C_p	mii lei	791	791	930
— cheltuieli de exploatare	C_e	mii lei	261	324	599
— daune medii probabile	D_m	mii lei	2 394	830	34
Valoarea remanentă a investiţiilor după $T_e = 20$ ani	W_n	mii lei	675	801	1 325
$A = \Sigma (I_a + C_a) - W_{na}$		mii lei	40 430	26 934	27 913
Indicatori de siguranţă (valori medii anuale)					
Nr. de întreruperi urmate de reparaţii	n_R	nr. an	1,237	1,237	0,06
Nr. de întreruperi urmate de AAR	n_M	nr. an	—	—	4,1
Durata totală de insucces	t_d	ore/an	116,59	38,39	1,55
Durata medie a unei stări de insucces	$t_{d\,med}$	ore/intr.	94,25	31,03	25,8
Gradul de satisfacere a energiei cerute	C	%	98,69	99,56	99,98
ΔE		MWh/an	1 722	1 722	2 027

a — fără rezervă în transformatoare; b — cu un transformator în rezervă rece.

active, puterea nominală a acestora se poate alege cu o treaptă mai scăzută decît în varianta 1, adică la $S_n = 16$ MVA. Coeficientul K_i de încărcare al transformatoarelor de 16 MVA, în diferite regimuri, va fi cuprins între 57% (în regim normal) şi 100 % în regim de avarie a unui transformator de 16 MVA.

În caz de avarie dublă (transformator + grupul propriu) apare o suprasarcină de circa 30% pe transformatorul valid, care poate fi suportată pe o durată de circa o oră, perioadă în care se pot lua măsuri organizatorice de diminuare a sarcinii absorbite prin deconectarea receptoarelor de categoria a III-a.

D. *Comparaţia tehnico-economică a variantelor*

Calculînd pentru fiecare variantă valorile investiţiilor şi cheltuielilor de exploatare (efective şi de echivalare), confom indicatorilor tehnico-economici în vigoare, se obţin valorile date în tabelul 2.

În urma analizei indicatorului de eficienţă economică (A) rezultă că varianta cea mai economică este varianta *1 b*, urmată de varianta 2, cu un spor de circa 3,6 % la costurile totale pe 20 de ani.

În cazul în speţă, s-a adoptat varianta 2, care, cu un spor redus de costuri, asigură o perspectivă mai favorabilă dezvoltării întreprinderii, precum şi indicatori de fiabilitate mai ridicaţi.

Calcule similare efectuate în scopul optimizării reţelei de distribuţie în cabluri de medie tensiune la unele platforme industriale pentru variante de 10 kV, 6 kV şi mixte, au scos în evidenţă următoarele aspecte [5], [7]:

1. În situaţiile în care minimum 50% din sarcina reţelei poate fi preluată la tensiunea de 10 kV, varianta cu distribuţia la 10 kV şi transformări locale de 10/6 kV pentru preluarea sarcinii rotative de 6 kV prezintă următoarele avantaje în comparaţie cu varianta de distribuţie numai în 6 kV:

— reducerea pierderilor de energie cu 15—20%;

— reducerea lungimii totale a reţelei în cablu cu 25%;

— reducerea numărului de puncte de distribuţie cu circa 20%, cu reducerea corespunzătoare a personalului de exploatare;

— utilizarea la capacitate nominală a aparatajului de MT, care se fabrică în seria 10 kV şi la puterea de rupere de 500 MVA;

— evitarea instalării bobinelor de reactanţă;

— costuri totale mai reduse cu 8—10%.

2. Indicatorii de fiabilitate ai variantelor 1 şi 3 sînt comparabili, în timp ce varianta 2 prezintă indicatori mai dezavantajoşi ca urmare a extinderii reţelei de cabluri.

3. În situaţiile în care ponderea sarcinii preluate de 10 kV este sub 50% din sarcina totală, este necesar ca soluţia de reţea să fie determinată pentru fiecare caz concret în parte, ţinîndu-se seama de perspectiva dezvoltării reţelei şi posibilitatea înlocuirii motoarelor de 6 kV cu motoare de 10 kV, şi, respectiv, 0,66 kV.

Concluzii

1. Introducerea echivalentului economic al fiabilităţii în calculele tehnico-economice comparative ale schemelor de alimentare a între-

prinderilor industriale este un criteriu de bază în țara noastră pentru soluționarea optimă a problemei.

2. Existența unor date statistice privind indicatorii de fiabilitate ai elementelor componente ale rețelelor electrice și a unor algoritme și programe de calcul adecvate permite analiza unui mare număr de variante și de strategii în alimentarea consumatorilor industriali.

3. Ca urmare a unui mare număr de analize de acest fel, s-au evidențiat unele direcții prioritare de stabilire a soluțiilor de alimentare cu energie electrică a consumatorilor industriali.

Bibliografie

[1] * * * *Normativ privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali și similari* — PE 124/78.

[2] * * * *Normativ privind elementele de calcul al fiabilității instalațiilor energetice* — PE 013/78.

[3] * * * *Normativ privind calculul comparativ tehnico-economic la instalațiile energetice* — PE 011/75.

[4] Albert, H. și Florea, I. *Aspecte noi în stabilirea soluțiilor de alimentare a marilor consumatori industriali.* Referat la sesiunea științifică IPB, București, noiembrie 1975.

[5] Ciobanu, M. și Florea, I. *Scheme simplificate de alimentare a unor platforme siderurgice cu nivel de siguranță ridicat.* Referat la Simpozionul „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", București, octombrie 1977.

[6] Albert, H. și Mihăilescu, A. *Parametrii nodali de siguranță, caracterizînd alimentarea din sistem a consumatorilor industriali.* În: Energetica 26, nr. 11—12, 1978.

[7] Florea, I. și Bărbulescu, Gh. *Optimizarea rețelei de distribuție de medie tensiune la un combinat siderurgic.* Referat — Sesiunea științifică I.P. Iași, octombrie 1978.

ANEXĂ

Categorii de receptoare și modul de alimentare

Categoria	Consecințe în cazul întreruperii în alimentare	Modul de alimentare
Zero	Explozii, incendii, distrugeri grave de utilaje sau pierderea de vieți omenești*)	O alimentare din sursa de bază, sistemul electroenergetic (SE) și o alimentare dintr-o sursă de intervenție, independentă de SE și care corespunde cerințelor privind durata critică de realimentare a acestor receptoare
1	Dereglarea proceselor tehnologice în flux continuu, necesitînd perioade lungi pentru reluarea activității la parametrii cantitativi și caitativi existenți în momentul întreruperii Rebuturi importante de materii prime, materiale auxiliare, scule tehnologice etc. Pierderi materiale importante prin nerealizarea producției planificate și imposibilitatea recuperării acestora	Două căi de alimentare racordate pe bare (secții) independente din stațiile sau posturile din rețeaua uzinală
2	Nerealizări de producție, practic numai pe durata întreruperii	O cale de alimentare. Calea de alimentare de rezervă se admite de la caz la caz, în urma justificării tehnico-economice
3	Nu apar consecințele enumerate la categoriile precedente	O cale de alimentare

*) Alimentarea cu energie electrică a acestei categorii de receptoare este admisă numai în cazul în care utilizarea altor forme de energie nu este posibilă tehnic sau este prohibitivă economic în comparație cu acționarea electrică.

SECȚIA V — INFORMATICĂ ÎN ENERGETICĂ

rolectarea în concepție unitară sistemului informatic de conducere entru întreprinderile de centrale lectrice

Dr. ing. **N. Chirculescu**,
Ing. **L. Cochet**,
An. **E. Georgescu**,
An. **L. Petrina**
— ISPE —

Perfecționarea sistemelor de conducere din treprinderile de centrale electrice utilizînd hnicile moderne de calcul, cerință impusă de cerea la o nouă calitate în procesul de producere a energiei electrice și termice, trebuie să pornească de la o concepție unitară privind definirea sistemului informatic, precum și a componentelor acestuia.

Pentru a asigura o tratare unitară a informațiilor la nivelul ramurii energiei electrice și termice, cu precizarea particularităților respective, sistemele informatice se diferențiază pe tipuri de întreprinderi: centrale termoelectrice, centrale electrice de termoficare și centrale hidroelectrice.

În lucrarea de față se vor prezenta aspecte privind concepția sistemului informatic pentru o întreprindere de centrale electrice de termoficare, concepție realizată pe baza analizei sistemului existent la Întreprinderea Electrocentrale Craiova.

1. Obiectivele și delimitarea sistemului informatic într-o întreprindere de centrale electrice

Ținînd seama de particularitățile întreprinderilor de centrale electrice în sensul : conectării la SEN, existenței unui proces de producție de energie electrică și termică diferențiat în trei tipuri de fluxuri tehnologice, gradului înalt de automatizare în funcționarea instalațiilor și echipamentelor tehnologice, se definesc trei sisteme informaționale, respectiv informatice, care se interferează în cadrul întreprinderii :

a) Sistemul informatic pentru conducerea generală a întreprinderii (se referă la ansamblul tuturor activităților).

b) Sistemul de conducere operativă a procesului (calculatoare de proces).

c) Sistemul energetic național — reprezentat prin dispecerul de întreprindere.

Se menționează că definirea sistemului enunțat la pct. a) nu are în vedere o detaliere a interfețelor cu sistemele enunțate la pct. b) și c), acestea constituind unul dintre obiectivele proiectării în viitor.

Proiectarea sistemului informatic într-o întreprindere de electrocentrale urmărește tratarea automată a informațiilor referitoare la activitățile de bază privind procesul de producție, în vederea obținerii unor situații cu informații prelucrate, care să permită atît fundamentarea deciziilor operative și coordonate la toate nivelurile de decizie, cît și furnizarea unor informații privind situațiile în exteriorul unității.

Grupele de informații de intrare și ieșire, precum și categoriile de decizii, pe niveluri ierarhice și pe compartimentele întreprinderii, sînt prezentate în schema din figura 1.

Activitățile din întreprindere a căror desfășurare și realizare se pot urmări și conduce parțial sau integral utilizînd prelucrarea automată a datelor sînt cele prezentate în figura 2.

Obiectivele urmărite în proiectarea sistemului informatic al întreprinderii de electrocentrale sînt următoarele :

— Realizarea unui sistem de programe de gestionare și interogare a unei baze de date specifice întreprinderilor care au ca obiectiv producerea energiei electrice pe baza combustibilului solid, care să se generalizeze în toate unitățile M.E.E. similare.

— Realizarea unor aplicații specifice întreprinderilor de electrocentrale, generalizabile pentru activitățile : urmărirea mersului economic, gestiunea instalațiilor, aprovizionarea tehnico-materială, gestiunea personalului, și care să permită integrarea pe verticală în sistemul informatic al ramurii.

— Adaptarea și preluarea unor aplicații informatice din BNP și BDP.

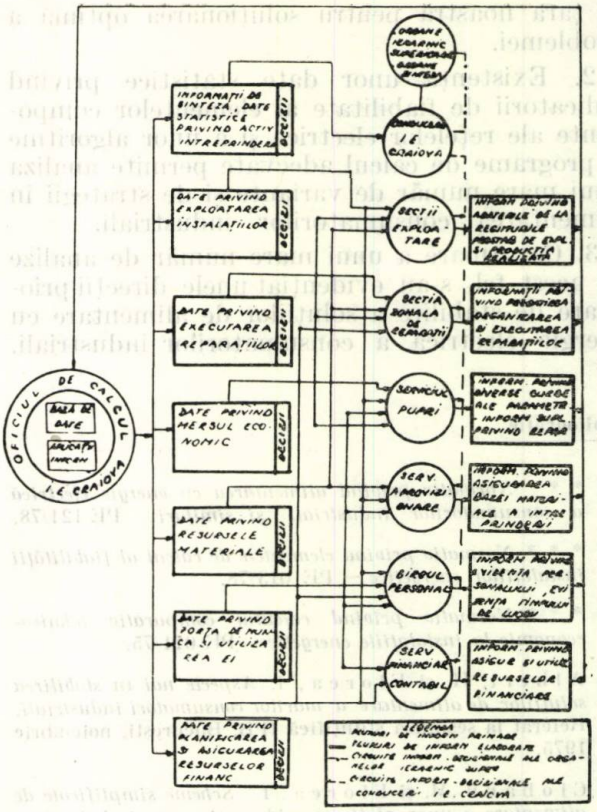


Fig. 1. Schema fluxurilor informaționale și a circuitelor informațional-decizionale ale sistemului complex de la Întreprinderea Electrocentrale Craiova.

— Proiectarea soluției de dotare cu echipamentele necesare prelucrării automate a datelor.

— Pregătirea întreprinderii pentru trecerea la prelucrarea automată a datelor.

2. Structura sistemului informatic al întreprinderii de electrocentrale ; definirea componentelor

Sistemul informatic pentru conducerea întreprinderii, în concepție unitară, a fost structurat astfel încît, pe de o parte, să asigure furnizarea informațiilor prelucrate pentru deciziile necesare conducerii activităților grupate pe funcții, iar pe de altă parte să realizeze o prelucrare eficientă a informației primare. Astfel, sistemul informatic are ca părți componente :

— baza de date a întreprinderii cu sistem propriu de gestiune și prelucrare a datelor ;

— subsistemele : programare, lansare și urmărirea producției de energie electrică și căldură ; pregătirea producției ; aprovizionarea tehnico-materială ; personal ; financiar-contabil ; planificare.

Structura bazei de date, din punctul de vedere al grupelor de informații componente, și a subsistemelor informatice, din punctul de vedere al aplicațiilor componente, este prezentată în figura 3.

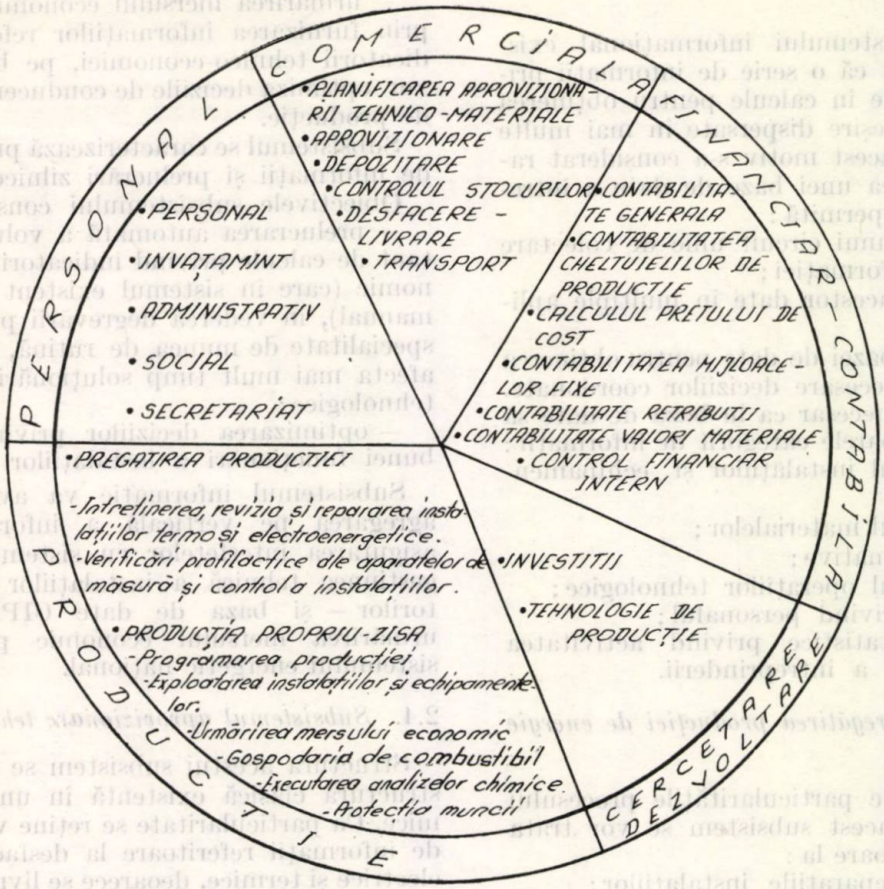


Fig. 2. Gruparea activităților pe funcțiuni în cadrul întreprinderii de electrocentrale.

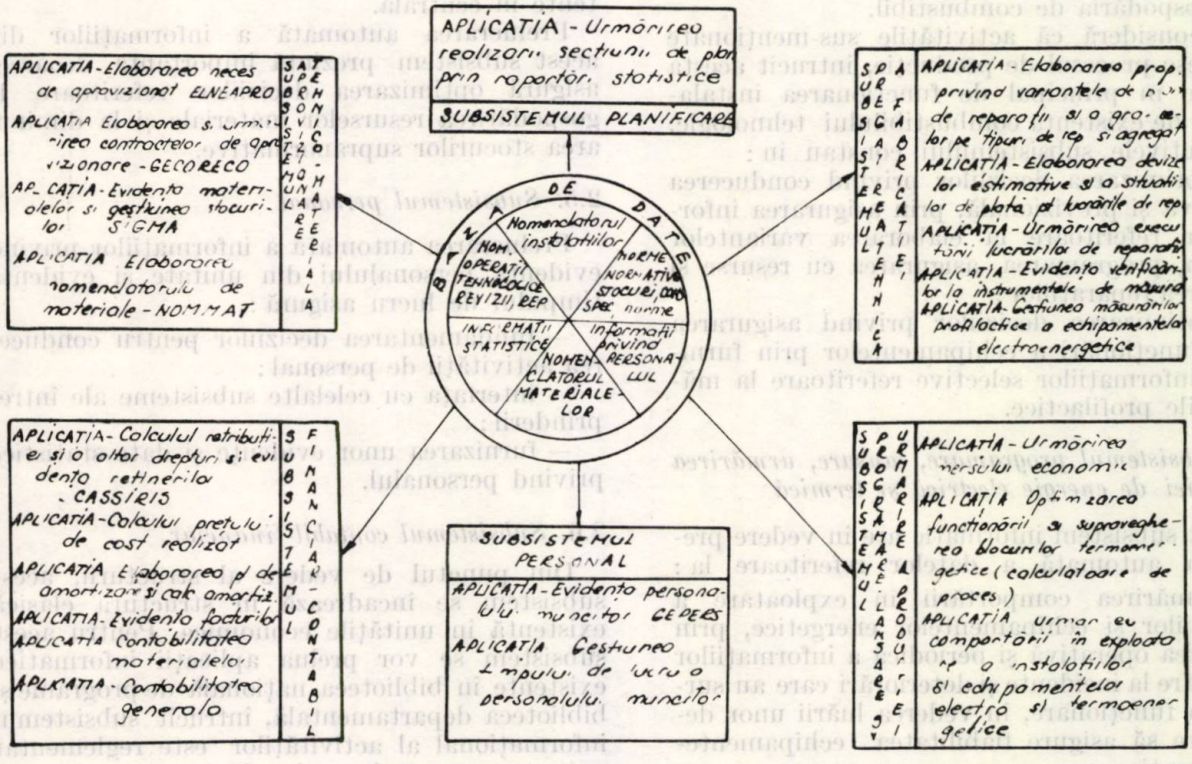


Fig. 3. Structura sistemului informatic complex al întreprinderii de electrocentrale.

2.1. *Baza de date*

Din analiza sistemului informațional existent s-a constatat că o serie de informații primare sînt preluate în calcule pentru obținerea unor situații de ieșire dispersate în mai multe subsisteme. Din acest motiv s-a considerat rațională organizarea unei baze de date a întreprinderii, care să permită :

— proiectarea unui circuit unic de colectare și gestionare a informației ;

— prelucrarea acestor date în multiple aplicații ;

— interogarea bazei de date pentru obținerea unor informații necesare deciziilor coordonate.

S-a considerat necesar ca în baza de date să fie stocate următoarele categorii de informații :

— nomenclatorul instalațiilor și echipamentelor tehnologice ;

— nomenclatorul materialelor ;

— norme și normative ;

— nomenclatorul operațiilor tehnologice ;

— informații privind personalul ;

— informații statistice privind activitatea tehnico-economică a întreprinderii.

2.2. *Subsistemul pregătirea producției de energie electrică și termică*

Ținînd seama de particularitățile procesului de producție, în acest subsistem se vor trata informațiile referitoare la :

— reviziile și reparațiile instalațiilor ;

— măsurătorile profilactice ale echipamentelor ;

— verificările aparatelor de măsură ;

— gospodăria de combustibil.

Se consideră că activitățile sus-menționate pregătesc procesul de producție, întrucît acesta depinde în principal de funcționarea instalațiilor și de existența combustibilului tehnologic.

Obiectivele subsistemului constau în :

— optimizarea deciziilor privind conducerea operativă și previzională, prin asigurarea informațiilor referitoare la elaborarea variantelor de plan, programarea, asigurarea cu resurse și urmărirea reparațiilor ;

— optimizarea deciziilor privind asigurarea bunei funcționări a echipamentelor prin furnizarea informațiilor selective referitoare la măsurătorile profilactice.

2.3. *Subsistemul programare, lansare, urmărirea producției de energie electrică și termică*

Acest subsistem informatic are în vedere prelucrarea automată a datelor referitoare la :

— urmărirea comportării în exploatare a instalațiilor și echipamentelor energetice, prin furnizarea operativă și periodică a informațiilor referitoare la incidente și deteriorări care au survenit în funcționare, în vederea luării unor decizii care să asigure fiabilitatea echipamentelor energetice ;

— urmărirea mersului economic al centralei, prin furnizarea informațiilor referitoare la indicatorii tehnico-economici, pe baza cărora se vor optimiza deciziile de conducere a activității de producție.

Subsistemul se caracterizează printr-un volum de informații și prelucrări zilnice mare.

Obiectivele subsistemului constau în :

— prelucrarea automată a volumului important de calcule privind indicatorii de mers economic (care în sistemul existent se efectuează manual), în vederea degrevării personalului de specialitate de munca de rutină, acesta putînd afecta mai mult timp soluționării problemelor tehnologice ;

— optimizarea deciziilor privind asigurarea bunei funcționări a instalațiilor.

Subsistemul informatic va avea în vedere agregarea pe verticală a informațiilor prin asigurarea interfețelor cu sistemul GETIC — gestiunea tehnică a instalațiilor și consumatorilor — și baza de date CIPEET privind urmărirea mersului economic pe ansamblul sistemului energetic național.

2.4. *Subsistemul aprovizionare tehnico-materială*

Structura acestui subsistem se încadrează în structura clasică existentă în unitățile economice. Ca particularitate se reține volumul redus de informații referitoare la desfacerea energiei electrice și termice, deoarece se livrează la foarte puțini beneficiari, și un volum important de informații referitoare la piesele de schimb, datorită diverselor tipuri de echipamente existente în centrală.

Prelucrarea automată a informațiilor din acest subsistem prezintă importanță deoarece asigură optimizarea deciziilor referitoare la gospodărirea resurselor materiale și la diminuarea stocurilor supranormative.

2.5. *Subsistemul personal*

Prelucrarea automată a informațiilor privind evidența personalului din unitate și evidența timpului de lucru asigură :

— fundamentarea deciziilor pentru conducerea activității de personal ;

— interfața cu celelalte subsisteme ale întreprinderii ;

— furnizarea unor evidențe și date statistice privind personalul.

2.6. *Subsistemul contabil-financiar*

Din punctul de vedere al structurii, acest subsistem se încadrează în structura clasică existentă în unitățile economice. Pentru acest subsistem se vor prelua aplicații informatice existente în biblioteca națională de programe și biblioteca departamentală, întrucît subsistemul informațional al activităților este reglementat unitar pe economia națională.

3. Stadiul și perspectivele privind proiectarea unitară a sistemelor informatice pentru întreprinderile de centrale electrice

În prima etapă, 1976—1980, se proiectează și se pun în funcțiune parțial aplicațiile:

— secțiunea bazei de date privind evidența instalațiilor și echipamentelor energetice;

— urmărirea producției de căldură;

— urmărirea parametrilor de funcționare a instalațiilor energetice;

— elaborarea necesarului de aprovizionat;

— planificarea și urmărirea reparațiilor capitale;

— gestiunea personalului.

Se menționează că aplicațiile se proiectează pentru întreprinderea-pilot IE Craiova.

Proiectarea unitară a sistemelor informatice pentru tipuri de întreprinderi de electrocentrale va permite generalizarea acestor sisteme informatice la întreprinderi din aceeași grupă tipologică și integrarea lor în sistemul unitar al ramurii, prevăzut a se realiza în etapa 1981—1985.

Proiectarea unitară va permite preluarea acestor subsisteme informatice și adaptarea lor pentru integrarea în proiectele de investiții ale noilor întreprinderi de electrocentrale, precum și completarea cu o serie de metode moderne de organizare a proceselor tehnologice proiectate.

Software de aplicație pentru conducerea on-line a sistemului energetic național

Dr. ing. **S. Ionescu**
Matem. **I. Crețu**
Matem. **M. Marinescu**
Ing. **I. Peteu**
— ISPE —

Dr. ing. **V. Romert**
Ing. **H. Cîmpeanu**
Matem. **I. Ignat**
Ing. **D. Leonte**
Matem. **D. Vasile**
— DEN —

1. Prezentarea sistemului

Sistemul constă dintr-un ansamblu interconectat de calculatoare de proces, echipamente de culegere și de transmitere a informațiilor din stații și centrale, precum și din software-ul corespunzător, avînd următoarele funcțiuni:

— supravegherea funcționării sistemului de producere și transport a energiei electrice;

— verificarea în timp real a siguranței sistemului prin simularea de manevre și incidente;

— repartiția optimă a puterilor pe centralele mari din sistem.

1.1. *Caracteristicile sistemului teleinformatic al DEN*

a) Sistemul de calcul de proces pentru DEN este format din două calculatoare de proces Siemens 330, fiecare cu memorie internă de 64 Kcuvinte de 16 biți, memorie externă pe disc fix + mobil de 4,8 Mc, echipamente de introducere, extragere, afișare și transmisie a datelor. Calculatoarele lucrează cuplat și în sistem de rezervare.

b) Sistemele de calcul de proces pentru cinci dispeceri teritoriali (Bacău, București, Craiova, Timișoara, Cluj) sînt formate din calculatoare de proces Siemens 320 K, cu memorie internă, de 32 kcuvinte, echipamente de introducere, extragere și transmisie a datelor.

c) Echipamentele pentru culegerea datelor din stații constau din 18 echipamente tip SAS-ZZ și 12 echipamente tip ZMPC și Z—70 refolosite.

d) Instalații de transmisii individuale a informațiilor din centrale.

Se culeg informații din 30 de stații de 400—220 kV și din 27 de centrale cu puterea instalată $\geqslant$100 MW. În sistem se introduc informații off-line despre încă 34 de stații, care aparțin sistemului național, de 400—220 kV.

Informațiile sînt structurate astfel:

— telesemnalizări de poziții ale întreruptoarelor și separatoarelor;

— alarme tehnologice și de echipamente;

— telemăsuri de puteri active și reactive, tensiuni, curenți și frecvențe;

— energii pe liniile de interconexiune cu sistemele vecine;

— puteri active și reactive produse de centrale.

Volumul de informații:

Telemăsuri		450
Telesemnalizări întreruptoare		575
	din care	342 on
		233 off
separatoare		1223
	din care	700 on
		523 off

Transmisia informațiilor între stații și DET se face pe liniile de înaltă tensiune ale SEN, cu viteza de 100 Bd, iar între DET și DEN pe linii închiriate de la MTTc, cu viteza de 600 Bd, pe două canale și în sistem semiduplex.

1.2. *Software de bază și de aplicație*

Calculatoarele Siemens 320 folosesc sistemul de operare BESY V3, iar calculatoarele Siemens 330 sistemul de operare ORG—K.

Programele sînt elaborate în limbaj de macroasamblare, la dispoziția utilizatorilor existînd

compilatoare, programe de utilizare și de testare.

Sistemul de programe de aplicație este elaborat de un colectiv din CCE—ISPE și CCE—DEN, sub îndrumarea unui specialist din partea firmei Siemens.

Software-ul de aplicație pentru calculatoarele DET este format dintr-un număr de 10 programe, plus subprograme și liste de date, realizînd în principal următoarele funcțiuni:

— culegerea, validarea și stocarea informațiilor din proces;

— transmiterea de informații la echipamentele din stații;

— recepția și transmiterea informațiilor la calculatoarele de la DEN;

— prelucrări de semnalizări, alarme și măsuri;

— extrageri și afișări de informații pe mașini de scris, panoul sinoptic și aparate de măsură analogice;

— dialogul cu dispecerul.

Software-ul de aplicație pentru calculatorul de proces nr. 1 DEN (care are rolul de supraveghere a funcționării sistemului) este format dintr-un număr de circa 100 programe plus subprograme, liste și fișiere, realizînd în principal următoarele funcțiuni:

— schimbul de informații cu calculatoarele de la DET și cu calculatorul nr. 2 DEN;

— prelucrări de semnalizări, alarme, măsuri și contori;

— gestionarea listelor și fișierelor de date;

— extrageri și afișări de informații pe ecrane de vizualizare color, mașini de scris, panoul sinoptic, aparate de măsură analogice și digitale, imprimantă rapidă;

— dialogul cu dispecerul;

— analiza evenimentelor pre-post-avarie.

— crearea interfețelor necesare calculatorului nr. 2 DEN.

Software-ul de aplicație pentru calculatorul de proces nr. 2 DEN (care are rolul de verificare a siguranței în funcționare și de repartiție optimă) este format în principal din programele:

— STES — estimarea stării sistemului;

— SIRE — circulații de puteri;

— KURE — curenți de scurtcircuit;

— MOPT — repartiție optimă;

— programe pentru schimbul de informații cu calculatorul nr. 1 DEN;

— programe pentru realizarea rezervării funcțiilor calculatorului de proces nr. 1.

1.3. *Eficiența economică a utilizării sistemului și creșterea operativității deciziilor*

Oportunitatea implementării la Dispecerul energetic național a sistemului teleinformatic se justifică economic prin:

— obținerea de economii prin optimizarea producerii energiei electrice;

— mărirea siguranței în funcționare a sistemului energetic și operativității în lichidarea avariilor.

Pentru aprecierea eficienței economice a repartiției optime a puterilor pe centrale în timp real, s-au comparat consumurile de combustibil efectiv realizate în cazul optimizării funcționării sistemului prin calcule off-line pentru ziua următoare cu consumul de combustibil, determinate printr-un postcalcul de optimizare, rezultînd o economie medie de combustibil de circa 0,3%.

Această economie se obține fără a se considera avantajele aduse de calculul în timp real al pierderilor în rețele și de optimizarea circulațiilor de puteri.

Relativ la efectele economice ale măririi siguranței în funcționare, se consideră că, prin supravegherea continuă a stării sistemului, însoțită de o alarmare a stărilor de preavarie, precum și prin simularea unor regimuri critice, se pot lua măsuri de schimbare a configurației rețelelor și de reglare a regimului de funcționare, care în anumite situații conduc la evitarea căderii totale a sistemului sau a avariilor extinse.

Este evidentă, de asemenea, reducerea timpului de întrerupere în alimentarea cu energie electrică a unor consumatori ca urmare a informării rapide și complete a dispecerului de către sistemul de calcul.

Se remarcă totodată că prin introducerea sistemului teleinformatic al DEN va fi posibilă o intervenție promptă a dispecerului în prevenirea perturbațiilor, lichidarea avariilor, coordonarea manevrelor, ceea ce va conduce la creșterea considerabilă a gradului de siguranță în exploatare.

2. Evoluția în viitor a funcțiilor sistemului informatic

Proiectul de execuție „Sistemul teleinformațional al DEN" este în curs de realizare și testare, fiind dat parțial în funcțiune.

În prezent, la dispoziția dispecerilor se află informațiile furnizate de calculatoarele de proces de la DEN (pentru funcția de supraveghere), funcționînd interconectat cu calculatoarele de proces de la DET—București, Timișoara, Craiova, Bacău și Cluj.

Pînă la sfîrșitul anului 1979 urmează a fi introduse în sistem funcțiile energetice ale cal-

culatorului nr. 2 DEN, în acest fel fiind încheiată prima etapă a proiectului.

Etapa a 2-a (extinderea sistemului actual) se va desfășura în 1979—1980 și va cuprinde în principal dotarea a încă nouă stații cu echipamente tip SAS—ZZ, extinderea dotărilor în alte stații, a memoriei interne a calculatoarelor de la DET, dotarea dispecerului național cu încă două ecrane grafice și cu o unitate de discuri de rezervă.

SECȚIA VI — ARHITECTURĂ, REZISTENȚĂ ȘI INSTALAȚII ÎN CONSTRUCȚIILE INSTALAȚIILOR ENERGETICE

Evoluția soluțiilor de proiectare a clădirii principale la centralele termoelectrice

Ing. Al. Hristoforov Ing. V. Mustață,
Ing. O. Nedelcu Subing. F. Stoica
Ing. V. Schițeo,
— ISPE —

Partea de construcție a clădirii principale reprezintă 60—80% din totalul costului obiectelor de construcții din cadrul centralelor termoelectrice și centralelor electrice de termoficare.

Alegerea unor soluții constructive care să fie aplicate cu consecvență un număr de ani s-a dovedit o problemă dificilă, din cauza modificării continue a echipamentelor, dotării diferite a executantului, condițiilor specifice de amplasare (zonă seismică, teren de fundare etc.).

La stabilirea soluțiilor constructive au stat la bază următoarele principii :

— reducerea costului construcției ;
— simplificarea și industrializarea execuției ;
— economisirea materialelor deficitare și în primul rînd a metalului ;
— reducerea materialului de import ;
— reducerea duratei de execuție ;
— reducerea duratei de proiectare etc.

Evoluția structurii de rezistență

Tabloul general al soluțiilor privind structura de rezistență a clădirii principale, pe părți de obiect (sala mașinilor, corpul intermediar, sala cazanelor) se prezintă foarte divers, principalii factori care au influențat această diversitate fiind :

— elementele tehnologice : puterea nominală a grupurilor, tipul și țara de fabricație, schema de amplasare, gabaritele de lucru etc. ;
— condițiile de amplasare : natura terenului, zona seismică, acțiunea climatică ;
— dotarea executantului : dotarea cu utilaje și mînă de lucru calificată sau existența în zonă a unor posibilități de industrializare a execuției etc.

Fără a vorbi de o evoluție liniară, se desprinde, din analiza soluțiilor, o tendință continuă spre creșterea gradului de industrializare, fie prin utilizarea prefabricatelor, fie pin mecanizarea turnării pe șantier.

În linii mari se păstrează utilizarea betonului armat, soluțiile pe metal fiind utilizate cu aprobări speciale.

Trebuie remarcat că soluțiile utilizînd prefabricate sînt mai scumpe și conduc la dificultăți datorită sarcinilor tehnologice mari și neuniforme, ducînd la elemente prefabricate foarte diverse, ce ridică probleme de transport, manipulare și montaj.

Totuși, în ultima perioadă, punîndu-se accentul tot mai mult pe creșterea productivității muncii, care se poate realiza numai prin creșterea gradului de industrializare, orientarea principală este spre prefabricate, mai ales cînd aceasta se pretează la tipizare.

Privind în perspectivă, se poate admite că în momentul în care metalul va înceta să fie deficitar, soluția cea mai adecvată pentru structura clădirii principale va fi structura metalică, care, pe lîngă avantajele prefabricării , oferă o greutate proprie redusă și ușurință la montaj.

Progrese deosebite s-au realizat prin optimizarea dimensionării structurilor pe baza calculului spațial realizat pe calculator cu ajutorul programelor prin metoda elementelor finite.

Creșterea eficienței proiectării este indisolubil legată de îmbunătățirea permanentă a soluțiilor constructive și a normelor de calcul.

În acest sens, s-a urmărit simplificarea structurilor prin :

— reducerea deschiderii halelor principale ;
— prevederea unor poduri cu sarcină mai mică, corespunzător piesei celei mai grele, cu o frecvență mai mare de demontare și remontare ;
— diminuarea efectelor acțiunilor seismice prin coborîrea utilajelor grele la cotele minime permise de procesul tehnologic.

O serie de concluzii importante rezultate din analiza consecințelor seismului din 4 martie 1977 urmează a fi aplicate în proiectare prin :

— precizări asupra formelor și volumelor optime (conformație simplă) ;

— optimizarea distribuției maselor și rigidităților în plan și pe verticală ;

— dispunerea elementelor verticale destinate preluării forțelor orizontale astfel încît să se limiteze pe cît posibil efectele de torsiune etc.

Probleme deosebite ridică alegerea soluțiilor de fundare. Aceasta mai cu seamă în ultima perioadă, cînd, pentru a se evita ocuparea terenurilor agricole, obiectivele termoenergetice se amplasează pe terenuri slabe (mlăștinoase, nisipoase etc.).

În vederea realizării de economii la ciment și oțel-beton, în ultimii ani s-au extins soluțiile de îmbunătățire a terenurilor de fundare prin consolidarea cu mijloace mecanice (compactare cu maiul greu, cilindru vibrator, cilindru compresor etc., precum și compactare în adîncime cu coloane de balast sau de pămînt). Astfel de soluții de fundare s-au aplicat la CET Năvodari, CET Giurgiu și CET Calafat cu rezultate eficiente.

În anexă se prezintă propunrea de nomenclator-cadru cu soluțiile constructive de fază la clădirea principală a centralelor termoelectrice. Pus de acord între proiectant și constructor, după definitivare și aprobare, acest nomenclator va da posibilitatea cunoașterii, încă din faza introducerii în plan a investiției, a soluțiilor ce se vor aplica, permițînd astfel o pregătire mai bună a proiectării și execuției.

Probleme de optimizare a proiectării și de tipizare

Procesul de tipizare se declanșează greu, trebuind să fie susținut de furnizorul de echipament și de proiectantul tehnolog. Singurul pas făcut în această direcție constă în fixarea dispunerii utilajelor și stabilirea unor gabarite ce se pretează la generalizare. Procesul de generalizare a început după Consfătuirea conducerii superioare de partid și de stat cu proiectanții din septembrie 1976.

ISPE a întreprins o serie de măsuri, prin colaborarea între constructor, tehnolog și proiectantul de echipamente, în vederea reducerii suprafețelor și volumelor construite și scoaterii totale sau parțiale a echipamentelor în aer liber. Aceste măsuri s-au concretizat la unele centrale în execuție, și anume :

— la sălile de mașini pentru grupurile de 50 MW de la centralele Brazi, Năvodari, Giurgiu și Borzești s-a redus deschiderea cu 5 m și înălțimea cu 1,30 m prin amplasarea în exterior a pompelor de apă de răcire, a pompelor de termoficare și a conductelor aferente, prin reducerea înălțimii fermelor de acoperiș și reducerea sarcinii podului rulant (de la 80 la 32 tf) ;

— la corpurile intermediare aferente grupurilor de 50 MW pe păcură de la centralele Brazi și Năvodari s-a redus deschiderea cu 1 m și înălțimea cu 12 m prin scoaterea degazoarelor în aer liber, amplasarea preîncălzitoarelor de abur în sala cazanelor și prin reducerea la minimum a spațiilor de circulație la stațiile electrice și la panourile secundare din camera de comandă ;

— la corpurile de buncăre aferente grupurilor de 50 MW pe cărbune de la Giurgiu și Borzești, s-a redus deschiderea cu 1 m și înălțimea cu 4 m prin asimilarea unor noi tipuri de degazoare și a unor instalații de reducere-răcire de dimensiuni mai mici ;

— la sălile cazanelor de 420 t/h pe păcură de la Brazi și Năvodari s-a scos cazanul în aer liber, cu închidere ușoară numai în frontul cazanului și prin conturul ultimei platforme, reducîndu-se astfel volumul construit cu circa 17% ;

— la sălile cazanelor de 420 t/h pe cărbune de la Giurgiu și Borzești s-a redus deschiderea cu 3 m și înălțimea cu 27 m prin scoaterea în aer liber a părții superioare a cazanului, prin reamplasarea unor instalații anexe ale cazanului și prin suprimarea unor stîlpi.

În ce privește tipizarea propriu-zisă, considerăm că în stadiul actual nu poate fi abordată problema extinderii tipizării pe partea de construcții decît după tipizarea instalațiilor tehnologice respective.

ANEXA 1

Propuneri privind soluțiile constructive la centrale electrice și centrale termice

Sala mașinilor

Șir A
Structură : prefabricate
planșeu cota ± 0,00 : preponderent prefabricat cu zone locale monolite.
Calea de rulare : grinzi de b.a. prefabricate (precomprimate) industrial sau grinzi metalice.
Acoperiș : ferme metalice ușoare ; învelitoare din tablă cutată cu izolație hidrofugă și izolație termică.
Front fix : structură prefabricată.
Închideri : panouri b.c.a. sau tablă cutată cu izolație termică.

Corp intermediar și corp buncăre

Structura :
- stîlpi de beton armat monolit ;
- grinzi transversale și longitudinale prefabricate ;
- planșee prefabricate cu suprabetonare ;
- pilniile buncărelor : metalice.

Închideri și compartimentări din panouri b.c.a. pînă la planșeul buncărelor și din tablă cutată sau azbociment pe schelet metalic la corpul benzilor (peste buncăre).

Turn de capăt

- stîlpi din beton armat monolit turnat în cofraje metalice ;
- planșee prefabricate cu suprabetonare ;
- grinzi transversale și longitudinale prefabricate ;
- zona benzilor : structură metalică ;
- închideri : din panouri b.c.a. sau tablă cutată cu izolație termică

Sala cazanelor

- structură : integral metalică ;
- acoperiș și închideri : din tablă cutată fără izolație hidrofugă sau termică ;
- planșee, scări, podeste : metalice.

ANEXA 2

Soluțiile constructive de rezistență utilizate la centrale electrice de termoficare și centrale termoelectrice

	Sala mașinilor	Corp intermediar	Sala cazanelor
Beton armat monolit în cofraje fixe	CET Craiova CTE Turceni CTE Luduș	CTE Luduș, CET București—Sud, Craiova, Govora, Brazi II, planșeu prefabricat, Giurgiu planșeu parțial prefabricat	
Beton armat monolit în cofraje glisante	CTE Brăila II CTE Anina CET Borzești, CTE Deva CET Borzești II planșeu prefabricat	CTE Deva — planșeu prefabr. cu suprabetonare	CTE Deva
Structură prefabricată cu planșee monolite prefabricate	CET Giurgiu, CET Govora	CET Calafat CET Zalău	CET Brazi II CET Calafat — planșeu monolit
Structură prefrabricată cu planșee prefabricate	CET Năvodari	CET Năvodari, CTE Brăila	CET Năvodari
Structură mixtă (prefabricat monolit)	CET Zalău — fără planșee	CET Borzești II CTE Turceni	
Beton armat și metal — planșee prefabricate	CET Galați	CTE Anina, CET Galați, CET Doicești	CTE Brăila II
Metal	CET București-Sud planșeu beton armat		CET Govora — planșeu beton armat, CTE Luduș, CET Craiova — planșeu beton armat și metal CTE Turceni CTE Anina CET Galați CET București—Sud CET Borzești II CET Zalău

Probleme ce apar la unele construcții industriale energetice fundate în terenuri macroporice

Ing. R. Angeleseu
Ing. O. Nedeleu
— ISPE —

Fundarea construcțiilor industriale în terenuri macroporice ridică o serie de probleme de importanță majoră, atît din punct de vedere tehnic cît și economic, care impun alegerea unor soluții speciale pentru pregătirea terenului de fundare, pentru fundarea propriu-zisă, ca și pentru structura construcțiilor. Totodată apare ca necesară luarea unor măsuri speciale la partea tehnologică a investițiilor, dar mai ales luarea unor măsuri foarte severe în ceea ce privește exploatarea construcțiilor și a instalațiilor respective.

Această problemă interesează în primul rînd termocentralele, care ocupă suprafețe de teren întinse (de exemplu, o centrală cu combustibil lignit de 1000 MW ocupă o suprafață de circa 600 ha) și a căror amplasare este dictată de o serie de parametri, dintre care natura terenului apare cu o pondere redusă.

Probleme mai simple apar la liniile de înaltă tensiune, care împînzesc țara și străbat terenuri cu condiții de fundare foarte diferite. De asemenea, stațiile de transformare pun probleme mai simple, cuprinzînd clădiri de suprafețe reduse și construcții tehnologice simple (cadre pentru susținerea conductoarelor, fundații de transformatoare etc.).

Caracteristicile terenurilor formate din loessuri macroporice sînt : modificarea foarte rapidă a structurii lor sub sarcină și tasarea în consecință a straturilor componente, în cazul înmuierii acestora sub acțiunea apei.

În adîncime, terenurile macroporice sînt constituite din straturi de loess cu diferite grosimi, porozități și umidități naturale și, în consecință, cu diferite grade de sensibilitate a structurii la înmuiere.

Apa care înmoaie aceste terenuri poate avea două proveniențe :

— apa subterană, care, ridicîndu-și nivelul, înmoaie de jos în sus straturile loessoide în mod uniform și pe zonă largă, producînd o tasare generală a acestora. După îmbibarea cu apă, loessul devine practic saturat și își pierde sensibilitatea la umezire, comportîndu-se ca un pămînt argilos prăfos, cu indice de consistență redus (plastic consistent moale) ;

— apa de suprafață, provenită din pierderi locale puternice din instalațiile tehnologice, canalizări defecte, stagnări de ape pluviale etc., care înmoaie locul de sus în jos, progresiv, straturile loessoide, și poate conduce la prăbușirea structurii terenului, avînd ca efect tasări diferențiate ale construcțiilor. Aceste tasări sînt cele mai periculoase și pot provoca avarii la construcții și instalații.

Fundarea și alcătuirea construcțiilor, în așa fel încît atît ele cît și instalațiile tehnologice pe care le susțin sau adăpostesc să poată prelua în bune condiții tasările uniforme, ca și pe cele diferențiate produse sub sarcină sau din cauza înmuierii terenului, fără a afecta funcționarea și exploatarea, reprezintă principala preocupare în realizarea construcțiilor industriale amplasate în zone cu terenuri macroporice.

Efectele tasărilor terenurilor loessoide asupra construcțiilor și instalațiilor sînt diferite, funcție de tipul acestora (construcții dezvoltate în plan, construcții dezvoltate pe verticală, construcții tehnologice, cum ar fi coșurile de fum, turnurile de răcire, estacadele pentru conducte etc.).

Posibilitățile de preluare a tasărilor sînt legate de alcătuirea construcțiilor (construcții masive din beton armat, construcții rigide, construcții elastice, structuri în cadre, structuri metalice etc.).

Funcție de importanța construcțiilor în cadrul lucrărilor energetice, de sarcinile care le acționează, de gradul de seismicitate al zonei în care sînt amplasate, se pot lua în considerație diferite valori de tasări admisibile. Astfel, se admit tasări minime la :

— sălile de turboagregate, unde denivelările pot împiedica funcționarea podurilor rulante ;

— fundațiile turboagregatelor, la care eventuale dezaxări pot împiedica funcționarea turbinelor ;

— corpurile de buncăre și benzi sau corpurile de degazoare, unde sarcinile mari amplasate la înălțimi mari pot produce efecte foarte defavorabile, mai ales în cazul solicitărilor seismice puternice, suprapuse peste efectele tasărilor ;

— fundațiile de cazane de abur, coșurile de fum, turnurile de răcire, la care, din cauza înălțimii lor mari, o mică denivelare la bază conduce la înclinări puternice la vîrf. De exemplu, la un coș de fum de 280 m înălțime, o tasare diferențiată de 1 cm la marginea radierului conduce la o deplasare a vîrfului de 40 cm ;

— estacadele conductelor de gaze, suporturile conductelor de înaltă presiune, fundațiile de transformatoare, suporturile barelor capsulate, suporturile conductelor pentru ape agresive, la care tasările pot provoca ruperea conductelor sau a barelor capsulate, ceea ce poate duce la explozii, scurtcircuite, pierderi de abur și ape agresive care atacă construcțiile din jur, etc. ;

— fundațiile utilajelor importante, ca ventilatoarele, preîncălzitoarele de aer și gaze, pompele de alimentare etc., a căror funcționare poate fi perturbată.

La liniile de înaltă tensiune, de 400 kV, suportul de tipul „portal ancorat" este un sistem articulat menținut în ancore și tasarea unui picior poate produce prăbușirea suportului.

Se pot admite tasări mici la unele construcții ușoare și de importanță mai redusă în funcționarea imediată a centralei, a căror scoatere temporară din funcțiune nu afectează fluxul tehnologic, cum este cazul unor ateliere mecanice de întreținere și reparații, al unor rezervoare de combustibil, estacade de conducte mici etc.

La alte tipuri de construcții, cum ar fi : cuvele, canalele de cabluri, platformele exterioare etc., se admit tasări cu valoare relativ mare, degradarea lor neprezentînd pericole.

În cele de mai sus s-a arătat în principal situația obiectelor din cadrul termocentralelor. O altă categorie de construcții energetice sînt stațiile de transformare de 110, 220 și 400 kV, ocupînd în medie o suprafață de circa 4 ha.

Obiectele care compun stațiile nu prezintă o sensibilitate deosebită la tasări, și, în cazul terenurilor loessoide, mai ales cînd loessul înmuiat se află la o adîncime relativ mică, fundarea se face direct, nefiind necesară decît respectarea condițiilor indicate în normative pentru orice fel de construcții fundate în terenuri sensibile la înmuiere.

În cazul în care sînt de adoptat măsuri speciale, acestea se referă în general la fundațiile cadrelor și transformatoarelor, suporturile de aparataj fundîndu-se totuși direct, cu presiune mică la suprafață sau în umplutura compactă, necesitată de condiții de amplasament.

Pentru a putea realiza construcțiile conform necesităților expuse, se pun următoarele probleme :

1. La construcțiile la care se admit tasări minime :

— Fundarea se face în straturile care asigură portanța ridicată și nu sînt sensibile la umezire.

În cazul în care asemenea straturi se află la adîncime mare, fundarea se va face indirect, prin intermediul piloților coloanelor forate, pereților mulați (barete) etc.

— Alcătuirea fundațiilor va fi de tipul „tălpi continue", legate pe două direcții sau radiere, și cutii din beton armat, pentru construcții cum sînt corpul degazoarelor sau buncărelor, fundațiile de cazane, fundațiile de turbine, fundațiile coșurilor de fum etc. sau fundații izolate pentru construcțiile de tipul estacadelor de conducte, suporturilor de bare capsulate etc.

— Structurile se vor face de preferință metalice, elastice, la care eventualele deplasări să nu producă fisuri sau avarii.

— La instalațiile tehnologice este indicat ca rezemările să fie reglabile și controlabile, iar legăturile alcătuite în așa fel încît să poată prelua eventualele mici tasări.

Alegerea tipului de fundare indirectă este o problemă atît tehnică cît și economică.

Pe baza experienței acumulate pînă în prezent la termocentrale realizate în terenurile formate din loessuri macroporice, cel mai indicat sistem de fundare indirectă este fundarea pe piloți tip Franki. Piloții Franki se execută la fața locului, prin introducerea prin batere a unei coloane recuperabile în loessul macroporic în care se execută, apoi, pilotul de beton armat. La introducerea coloanei, pămîntul este împins lateral, realizîndu-se îndesarea terenului macroporic. Cînd coloana a ajuns în terenul bun de fundare și s-a încastrat pe 1—2 m în acesta, se introduce armătura și betonul și coloana se extrage.

La capătul pilotului, tehnologia de execuție prevede realizarea unui bulb din beton cu diametrul mai mare decît al pilotului, care are rolul de a îndesa bine pămîntul (conform Normativului C—160—75).

Pilotul, astfel realizat, îndeasă pămîntul atît de-a lungul fișei lui, cît și la vîrf, astfel că tasările apărute la construcțiile fundate pe piloți Franki să nu depășească 10 mm.

Capacitatea portantă a acestora (700—900 kN/pilot) și costul lor (circa 400—500 lei/ml pilot) îi fac cei mai indicați pentru aceste terenuri.

Trebuie menționat că avînd capacitate portantă ridicată, piloții Franki nu sînt indicați în cazul în care sarcinile de transmis terenului sînt mai reduse, cum ar fi la fundațiile de transformatoare din stațiile de transformare, unde natura loessului ar necesita fundații de adîncime.

Piloții prefabricați, a căror capacitate portantă este de 400 kN/pilot și costul de circa 300 lei/pilot, sînt mai puțin indicați din punct de vedere economic. Totodată ei nu realizează o îndesare atît de bună a terenului, prin lipsa bulbului, și nici o înfrățire cu terenul în lungul fișei lor.

Coloanele forate, pereții mulați (barete) etc., avînd o capacitate portantă mare (2500 kN/coloană și 4000 kN/baretă), nu se pretează la toate construcțiile energetice, ci numai la acelea care prezintă solicitări foarte mari, cum sînt coșurile de fum, turnurile de răcire, corpurile buncărelor etc. Costul lor foarte ridicat (circa 2000 lei/ml coloană forată), precum și consumul mare de armătură și ciment permit folosirea lor numai în cazuri bine justificate.

O problemă importantă care apare la fundarea indirectă este legată de adîncimea la care se află straturile netasabile. Pentru a ajunge cu piloții la acestea și ținînd seama de posibilitățile de execuție ale utilajului care poate realiza numai piloți de o anumită lungime, este nevoie uneori să se execute excavații mari și umpluturi, care ridică mult costul lucrărilor.

2. La construcțiile la care se admit unele tasări mici și uniforme, fundarea se poate face pe teren compactat prin coloane de pămînt sau nuclee de beton simplu executate în coloane Franki sau alt tip (Galați etc.). Acestea au rolul de a compacta straturile sensibile la înmuiere în adîncime, pînă la cota nivelului apei subterane. Terenul astfel compactat prezintă în general tasări uniforme de maximum 5 cm și admite o rezistență admisibilă de 200 kN/m^2.

Acest sistem de compactare a terenului prezintă însă dezavantajul că necesită execuția de coloane de pămînt sau nuclee de beton simplu pe toată suprafața de fundare, nu numai sub fundații, ci chiar pe o suprafață cu laturile mărite (evazare sub un unghi de 30°). Distanța dintre coloanele de pămînt fiind de circa 1,00 m, iar între nuclee de circa 1,50 m, numărul acestora devine foarte mare și economicitatea soluției dispare.

Pentru motivele arătate, soluția consolidării terenului cu coloane de pămînt sau beton este inaplicabilă la stațiile de transformare.

Pentru asemenea construcții se mai recomandă și fundarea directă pe perna de loess, realizată prin compactarea terenului așternut în straturi succesive pe o adîncime de circa 1—3 m sub fundații, cu un grad de compactare de 17 kN/m^3. Compactarea se face cu maiuri electrice, maiuri mecanice, maiuri de mînă și cilindri compresori, funcție de posibilitățile de execuție și mărimea suprafețelelor de compactat. Se obține o suprafață de fundare cu o rezistență admisibilă de 150—170 kN/m^2.

Perna de loess reprezintă înlocuirea, pe o anumită adîncime, a loessului natural, sensibil la înmuiere, cu un material cu un grad de compactare sporit. Acest strat compactat are rolul să împiedice pătrunderea apelor la loessul sensibil la înmuiere de sub pernă și, prin pante, să îndepărteze apele de suprafață din zona

fundațiilor. Din punct de vedere economic, soluția este indicată, dar mărimea tasărilor, de circa 25 cm, nu este convenabilă.

3. Pentru construcțiile la care se admit tasări relativ mari, fundarea directă pe teren natural este cea mai indicată.

Se fac compactări ale fundului gropii de fundație pe circa 25 cm și se fundează direct. Funcție de grosimea loessului și indicii fizici ai acestuia, la construcții pot să apară tasări mari, uneori pînă la 50 cm, care pot produce degradarea mai importantă sau mai puțin importantă, în raport cu sistemul constructiv adoptat.

Se consideră însă că în numeroase cazuri repararea acestora din timp este mai economică decît costul realizării compactării prin una din metodele enumerate.

Problemele expuse apar la proiectarea și realizarea construcțiilor energetice fundate în terenuri macroporice și pot fi rezolvate prin aplicarea soluțiilor celor mai indicate.

O problemă fundamentală și permanentă care apare și după realizarea construcției este împiedicarea înmuierii terenului de sub fundații.

La termocentrale, prin procesele tehnologice, apar pierderi mari de apă, care conduc la creșterea nivelului general al apelor subterane cu pînă la 0,80 cm pe an. De exemplu, la CET Galați în zece ani nivelul apelor subterane a crescut cu 8 m.

Dacă la construcțiile fundate indirect pe straturi insensibile la înmuiere, aflate deasupra sau dedesubtul nivelului apelor subterane, creșterea acestora are o mică importanță, la construcțiile fundate direct, înmuierea straturilor de sub terenul compactat poate duce la tasări uniforme mari, care pot produce dezagramente. Acestea pot fi însă calculate și preluate de construcții prin soluțiile adoptate.

Și mai mari, și mai periculoase sînt tasările diferențiate apărute din cauza pierderilor accidentale de ape din rețelele de suprafață. Pentru evitarea pătrunderii acestor ape la fundații, se impune realizarea îndepărtării și conducerii apelor la puncte de colectare. Totodată trebuie oprită orice scurgere necontrolată de apă din instalațiile tehnologice.

Pe tot timpul exploatării acestor construcții, problema supravegherii și dirijării scurgerilor de apă devine element esențial pentru împiedicarea tasărilor.

Evoluția în timp a tasărilor terenului de fundare este necesar a se urmări prin observații și măsurători periodice. Acestea ne indică unde și dacă este necesar să se ia măsuri de oprire a tasărilor sau măsuri de remediere a construcțiilor fisurate.

4. O problemă care poate să apară în exploatarea construcțiilor energetice situate în terenuri loessoide este și aceea a liniilor de înaltă tensiune ale căror suporturi sînt fundate în asemenea terenuri.

În general, în asemenea cazuri, pentru fundarea suporturilor, care se face la 2,50—4,0 m adîncime, nu se adoptă măsuri speciale, deoarece condițiile naturale nu periclitează buna exploatare a liniilor.

Odată cu dezvoltarea irigațiilor, canalele, în anumite condiții, pot prin înmuierea loessului conduce la avarierea liniilor pe care le traversează și care s-au executat la distanțe mici de fundațiile suporturilor. Pierderile de apă din niște canale au necesitat modificarea locală a traseelor unor linii — ca măsură de siguranță s-a propus și îmbrăcarea canalului pe anumită lungime în foi de polistiren.

Ca urmare a celor de mai sus, referatele geotehnice cer o distanță minimă de 50 m între canalele de irigație și amplasamentele suporturilor. De asemenea, s-a cerut ca amplasarea rețelelor de irigație în terenuri loessoide să fie prealabil avizată de proiectanții liniilor de înaltă tensiune din regiune.

Este de menționat că în 30 de ani de proiectare și realizare a construcțiilor enorgetice nu au apărut avarii datorită fundării construcțiilor în terenuri loessoide, sensibile la înmuiere. Tasările de teren diferențiate au condus la apariția de fisuri la unele construcții fundate direct, la care s-au efectuat remedieri, ca, de exemplu, atelierul mecanic, clădirea CAF și unele canale la CET Galați, clădirea Uzinei electrice a municipiului Brăila, fundația unui motor Diesel din cadrul Șantierului naval Brăila, depozitul de cabluri de 2000 m² de la CET Craiova etc.

În ultimii ani, la două linii din Dobrogea pierderile de apă din canalele de irigație au pus în pericol exploatarea acestor linii, și anume: la LEA de 400 kV Gura Ialomiței — Constanța, o prăbușire a taluzului unui canal în amonte de un stîlp portal, a cărui ancoră se găsea la numai 7 m de canal. De asemenea, defecțiuni ale unui preaplin au produs înmuieri care s-au extins lateral pînă la 20—40 m și au necesitat refaceri urgente pentru a nu periclita stîlpul portal din apropiere; la aceeași linie, trei stîlpi ieșiți din verticală au fost înlocuiți. La linia de 220 kV Gura Ialomiței-Basarabi, unii stîlpi au trebuit să fie înlocuiți, modificîndu-se local traseul liniei.

*

În concluzie, se poate spune că la construcțiile cu profil energetic, cu toată varietatea obiectelor și pericolul pe care îl prezintă pierderile de ape tehnologice, prin măsurile adoptate la proiectare, la execuție și mai cu seamă în exploatare, se poate asigura o bună comportare în cazul fundării în terenuri loessoide sensibile la înmuiere.

Soluțiile actuale de instalații aferente construcțiilor, în cadrul acțiunii de economisire a combustibilului, energiei electrice și materialelor și de reducere a investițiilor din obiectivele energetice

Ing. M. Duminicatu, ing. C. Bănică,
ing. O. Ciobanu, ing. S. Mambet
— ISPE —

Imperativul major al construcției socialiste din țara noastră îl constituie, în momentul de față, realizarea obiectivelor economice stabilite prin Planul de stat cu un consum cît mai redus de combustibil, energie electrică și materiale. Pe această linie colectivele de instalații din ISPE au depus eforturi pentru găsirea și aplicarea soluțiilor cu eficiență maximă, realizînd economii de circa 8 milioane lei și 80 tone metal în 1978, ceea ce, față de amploarea lucrărilor proiectate, constituie un succes.

În cele ce urmează se arată, pe principalele categorii de instalații, stadiul nivelului tehnic al proiectării în ISPE și sarcinile pe care instalatorii și le propun să le realizeze în viitorul apropiat.

1. Instalații electrice

Sarcinile de bază ale activității de investiții din ultimii ani, și anume economia de energie și de materiale, au constituit un imbold permanent în activitatea de proiectare a instalațiilor electrice aferente construcțiilor centralelor electrice din țara noastră. În scopul realizării acestor deziderate, soluțiile utilizate au avut o evoluție permanentă, sub aspecte multiple, după cum rezultă din cele ce urmează.

Astfel, analizînd nivelurile de iluminare ilustrate în tabelul 1, se constată o creștere vertiginoasă — de circa 10 ori — , creștere cauzată

Tabelul 1

	E (lx)					
	1950	1955	1960	1965	1973	1976
Cameră de comandă	50	100	300	500	500	300
Sala cazanelor						
— cotă arzătoare amc	10	30	100	150	150	100
— platforme	10	30	100	150	50	20
Sala turbo-agregatelor						
— platformă turbo-generator	30	50	150	250	150	150
— platforme circulație	30	50	150	150	75	20

de tendințele manifestate pe plan mondial și favorizată de trecerea masivă la iluminatul fluorescent.

Studiul inițiat în 1971 de ISPE și elaborat de ICSPM privind iluminatul în clădirile termocentralelor, precum și anumite măsuri de reducere a iluminatului luate de beneficiari au ilustrat că în anumite zone, în care nu se efectuează o supraveghere permanentă a instalațiilor tehnologice, există posibilitatea unor scăderi ale nivelurilor de iluminare.

Aceasta a făcut posibil ca în 1973 — odată cu apariția Decretului 620 privind economia de energie — și în septembrie 1976 — în urma Consfătuirii privind reducerile de materiale și investiții, ISPE să revizuiască și să scadă nivelurile normate ale iluminării medii, scăderi concretizate în Normativul PE—136 și în propunerile de modificare a acestuia, ce urmează să apară în 1979.

Micșorarea nivelurilor de iluminare a fost asociată cu măsuri privind :

— scăderea ponderii iluminatului general prin extinderea iluminatului localizat ;

— crearea unor multiple posibilități de acționare a iluminatului artificial, funcție de desfășurarea procesului tehnologic și aportul iluminatului natural.

Experimental, la centrala Brazi II, în sala turboagregatelor s-a prevăzut acționarea automată a iluminatului artificial, folosind în acest scop aparate de tip LUXOMAT, care comandă iluminatul în trepte în șiruri paralele cu ferestrele, funcție de iluminatul natural. Aceeași metodă — acționarea automată — a fost adoptată și la comanda iluminatului exterior de la centrala pe șisturi bituminoase Anina.

Alte măsuri de reducere a investițiilor destinate instalațiilor electrice aferente construcțiilor centralelor electrice, măsuri aflate în strînsă legătură cu creșterea gradului de siguranță în funcționare a instalațiilor tehnologice electrice, precum și cu crearea de posibilități de funcționare insularizată a grupurilor energetice din CET și CTE, se referă la :

— renunțarea la alimentarea dublă cu energie electrică a tablourilor de iluminat normal, ceea ce a avut ca urmare importante economii de cablu și de aparataj destinat comutării automate a rezervei ;

— trecerea unei părți din iluminatul de siguranță, alimentat anterior în curent continuu din bateria de acumulatoare a centralei, pe alimentarea în curent alternativ, dintr-un punct de delimitare distinct și pe o cale de alimentare independentă de cele a iluminatului normal. Această ultimă măsură a avut ca efect :

— micșorarea capacității bateriei de acumulatoare a centralei ;

— reducerea numărului de corpuri de iluminat și circuite — ca urmare a integrării ilu-

minatului de siguranță în realizarea nivelurilor de iluminare prescrise pentru iluminatul normal.

Un alt domeniu în care s-au înregistrat progrese însemnate pe linia economisirii de materiale se referă la :

— înlocuirea conductoarelor din cupru cu conductoare de aluminiu la toate categoriile de instalații electrice ;

— înlocuirea cablurilor armate cu cabluri nearmate la iluminatul exterior ;

— înlocuirea manșoanelor de derivație din fontă cu manșoane de derivație din cauciuc ;

— înlocuirea, în rețelele de cabluri, a straturilor protectoare din cărămidă cu folii avertizoare din PVC ;

— reducerea secțiunii de alimentare a conductoarelor destinate prizelor pentru iluminatul cu lămpi portative, ca urmare a trecerii la utilizarea tensiunii reduse de 24 V în locul tensiunii de 12 V ;

— utilizarea în iluminatul exterior de surse cu eficacitate luminoasă sporită — spre exemplu lămpi cu vapori de sodiu (iluminat exterior la CTE Anina).

În urma măsurilor enumerate mai sus, investițiile destinate instalațiilor electrice aferente construcțiilor, precum și puterile instalate au înregistrat următoarea evoluție :

Tabelul 2

	Cost, mii lei/bloc	Puterea instalată kW	Anul proiectării
CTE Turceni — cazan + turbină bloc 1(2)	2 660	330	1973
Idem, bloc 3 (4)	2 510	300	1975
Idem, bloc 5 (6)	1 850	270	1978
CTE Anina — cazan + turbină bloc 1	1 600	220	1978

Din acest tabel se constată o scădere a costului pe bloc de 330 MW de la 2660 mii lei (1973) la 1600 mii lei (1978), respectiv cu circa 40%, iar a puterii instalate cu 31%.

În această comparație s-a făcut echivalarea între cazane, ținînd seama că, datorită combustibilului folosit, cazanul de la CTE Anina este dublul cazanului de la CTE Turceni.

Preocuparea pentru reducerea consumurilor energetice de materiale și investiții va constitui și pe viitor o coordonată importantă a proiectanților de instalații electrice din ISPE.

Se au în vedere, funcție de rezultatele unor încercări cu caracter experimental, precum și funcție de extinderea sortimentelor de produse aflate în fabricație, următoarele :

— generalizarea acționării automate a iluminatului artificial funcție de aportul iluminatului natural în sălile turboagregatelor, ateliere, precum și la iluminatul exterior ;

— lărgirea utilizării lămpilor cu vapori de sodiu — la iluminatul exterior, unde se pretează lămpile aflate actualmente în fabricație, cît și în alte zone ale centralelor (gospodării de cărbune, corpul buncărelor) dacă se vor asimila și lămpi de putere unitară mai mică (80 și 125 W).

2. Instalații sanitare

În cadrul specialității respective, proiectele rezolvă două grupe mari de probleme, și anume alimentarea cu apă și canalizarea.

În cadrul alimentării cu apă, în principal, se rezolvă :

— alimentarea cu apă potabilă a consumatorilor (a obiectelor sanitare grupate sau individuale) ;

— alimentarea cu apă potabilă sau nepotabilă, după caz, a instalațiilor de stins incendiu (hidranți interiori, perdele de drencere, instalații fixe de pulverizare a apei în gospodăriile de cabluri și la transformatoare), a robinetelor prevăzute pentru diverse spălări.

În cadrul canalizării, în principal, se rezolvă colectarea și evacuarea apei uzate provenite de la consumatori (obiecte sanitare, instalații de stins incendiu care utilizează ca agent de stingere apa, spălări de pardoseli), de la eventuale neetanșeități ale echipamentelor și conductelor tehnologice prin care se vehiculează apa și din precipitații atmosferice.

În ceea ce privește rețelele interioare de alimentare cu apă, de regulă au fost proiectate în concordanță cu rețelele exterioare respective, și anume comune — pentru apa potabilă și pentru incendiu — sau separate.

In general, rețelele respective, exterioare și interioare, au fost comune, doar în ultimii ani solicitîndu-se separarea sau prevederea de rețele separate, în vederea asigurării în permanență a debitului și presiunii apei pentru instalațiile de stins incendii.

Separarea respectivă nu este deci legată strict de calitatea apei, ci în principal de siguranța instalațiilor de stins incendii.

Rețelele interioare de distribuție comune care aveau mai mult de 5 hidranți pe cot s-au prevăzut de tip inelar și alimentate prin două sau mai multe racorduri, funcție de întinderea rețelei respective.

Același principiu s-a păstrat și în cazul rețelei separate de incendiu, prevăzîndu-se o rețea arborescentă (ramificată) separată pentru alimentarea cu apă potabilă.

În cazul rețelei comune, în interior, s-a prevăzut posibilitatea recirculării apei la zonele în care în mod normal apa ar fi stagnat.

Instalațiile de stins incendiul cu apă pulverizată în gospodăriile de cabluri sînt prevăzute cu puncte de distribuție echipate cu vane de închidere cu acționare manuală și cu mano-

metre de presiune pe fiecare tronson. În general, tronsoanele sînt inelare, pentru gospodării cu fluxuri multiple de cabluri și ramificate pentru fluxuri singulare.

Instalațiile de stingere a incendiului la transformatoare sînt prevăzute cu puncte de comandă echipate cu vane acționate cu motor electric și manual, precum și manometre de presiune. Funcționarea instalațiilor respective este de regulă automată și cu posibilitate de manevrare manuală.

Atît la distribuitoarele instalațiilor pentru gospodăria de cabluri, cît și la cele din punctele de comandă ale instalațiilor pentru transformatoare, sînt prevăzute racorduri speciale pentru cuplarea, la nevoie, a pompelor mobile pentru asigurarea debitului și presiunii necesare funcționării.

De regulă, pentru rețelele de distribuție, s-au prevăzut conducte din oțel zincat, negre sau din PVC. Conductele din oțel nezincate s-au prevăzut pentru diametre mai mari de 4", deoarece nu se fabrică în țară asemenea conducte. Pentru instalațiile de stins incendiul cu apă pulverizată, conductele nezincate s-a prevăzut să fie bitumate la interior.

Conducte din PVC s-au prevăzut numai pentru alimentarea obiectelor sanitare și a altor consumatori, cu excepția celor pentru stingerea incendiului, urmărind atît realizarea de economii de metal cît și de investiții. În același scop, în proiecte s-a urmărit alegerea traseelor rețelelor de distribuție cît mai scurte și dimensionarea lor, pentru viteze de circulație cît mai mari, în limitele impuse de legislația în vigoare, și urmărind, pe cît a fost posibil, consumarea în întregime a presiunii disponibile.

Pentru viitor se vor avea în vedere, în principal, aceleași surse de economii, accentuînd utilizarea conductelor din PVC pentru rețelele de apă potabilă, care, conform celor arătate anterior, vor fi separate de cele de incendiu, ceea ce va permite extinderea utilizării PVC, față de situația rețelelor comune.

Se va urmări, de asemenea, utilizarea, în cadrul legal, a tuturor materialelor noi, eficiente, asigurate de industria indigenă, pentru înlocuirea metalului.

În ceea ce privește rețelele interioare de canalizare, se poate menționa că, în general, indiferent de organizarea rețelelor exterioare, cele interioare au fost grupate în maximum trei grupe, și anume : canalizare menajeră, pluvială și industrială (aceasta din urmă pentru evacuarea apei provenite din neetanșeități ale echipamentelor, utilaje și conducte tehnologice, infiltrații, spălări și utilizări de instalații de incendiu).

Racordările la rețelele exterioare s-au făcut de regulă astfel : canalizarea menajeră la canalizarea exterioară menajeră sau unitară ; canalizarea pluvială și cea industrială la canalizarea unitară, industrială sau pluvială, după caz.

De regulă, canalizările respective s-au rezolvat prin sisteme cu curgere liberă. Evacuarea prin pompare s-a prevăzut numai pentru situațiile în care colectarea apei s-a făcut în puncte joase, situate sub radierul rețelelor exterioare la care se putea evacua.

Au existat cazuri în care apa colectată de la diverși consumatori sau pardoseli prezenta pericol pentru rețelele exterioare de canalizare ; în aceste situații, apa a fost dirijată către instalații de corectare a calității, pînă la limitele admisibile de deversare în rețelele exterioare respective.

Pentru evacuarea apei provenită din precipitații atmosferice, s-a utilizat atît sistemul scurgerilor interioare, cît și al scurgerilor exterioare, potrivit rezolvărilor constructive ale acoperișurilor.

Funcție de natura, calitatea apei colectate și evacuate, de condițiile de montare, protecție, proces tehnologic și înălțimea construcției, pentru execuția rețelelor interioare respective s-a prevăzut utilizarea de diverse materiale, după caz, ca : fontă de scurgere, conducte din oțel nezincate, bitumate la interior, PVC, polietilenă, gresie antiacidă, bazalt, cesarom.

În comparație cu rețelele interioare de alimentare cu apă, se poate spune că rețelele de canalizare interioare au oferit posibilități sporite pentru prevederea înlocuitorilor de metal și că, în continuare, trebuie acționat pentru prevederea la maximum, în cadrul legal, a înlocuitorilor puși la dispoziție de industria republicană.

De asemenea, se impune extinderea prevederilor de scurgeri exterioare pentru apele colectate de pe acoperișuri, evitarea sau reducerea numărului de situații de evacuări de ape prin pompare, dimensionarea rețelelor cît mai economic utilizînd trasee cît mai scurte, utilizarea de debite de calcul și diametre determinate strict în conformitate cu prescripțiile în vigoare.

3. Instalații de încălzire

Clădirile din cadrul obiectivelor energetice se împart, din punctul de vedere al încălzirii, în :

— construcții cu degajări mari de căldură de la echipamentul tehnologic, care au deci un bilanț termic excedentar și care nu necesită instalații de încălzire ;

—construcţii cu bilanţ termic deficitar, în care se prevăd instalaţii de încălzire numai dacă adăpostesc echipamente care, pentru o corectă funcţionare, necesită o anumită temperatură, sau dacă conţin locuri de muncă permanente.

Penuria de combustibil cu care este confruntată omenirea a condus şi în ţara noastră, în general, precum şi în cadrul sectorului energetic, în particular, la adoptarea unor măsuri care să asigure un minimum de confort termic, pentru personalul de exploatare şi condiţiile necesare desfăşurării normale a procesului tehnologic.

Punctul de plecare în stabilirea unor instalaţii economice l-a constituit determinarea temperaturilor interioare şi exterioare de calcul la un nivel cu circa 10—15 % mai coborît decît în urmă cu zece ani. Excepţie fac instalaţiile de încălzire de avarie, care se dimensionează în continuare pentru temperatura exterioară minimă medie aferentă localităţii respective şi pentru temperatura interioară impusă de condiţiile de securitate a procesului tehnologic.

Pentru reducerea consumului de combustibil şi materiale, ISPE a elaborat proiectele de încălzire centrală, pornind de la următoarele principii mai importante :

— utilizarea unor agenţi termici cu parametri cît mai ridicaţi, dar în limitele admise de prevederile în vigoare de protecţie a muncii ;

— introducerea în documentaţii a unor corpuri de încălzire cu randament cît mai ridicat ;

— dimensionarea reţelelor de conducte la vitezele economice şi echilibrarea hidraulică a întregii distribuţii ;

— izolarea corespunzătoare a conductelor ;

— înlocuirea traseelor subterane în canale de protecţie, ori de cîte ori a fost posibil, cu trasee aeriene pe estacade, faţadele clădirilor etc. ;

— reducerea numărului de organe de închidere şi reglare la minimul necesar pentru o exploatare raţională. Eforturile de economisire a energiei termice sînt însă uneori anihilate de tendinţele de a se realiza construcţii foarte uşoare, insuficient izolate, cu o pierdere specifică (W/m^3) ridicată. Este în interesul economiei naţionale ca acest sistem constructiv să nu fie adoptat decît în cazul clădirilor în care echipamentele tehnologice degajă cantităţi importante de căldură şi care nu necesită instalaţii de încălzire.

Restul construcţiilor trebuie realizate pornindu-se de la principiul optimizării izolaţiei suprafeţelor limitatoare (pereţi, acoperiş). De o deosebită importanţă ar fi posibilitatea de a introduce în proiecte geamuri termoizolatoare, care ar reduce sensibil pierderile de căldură ale clădirilor cu procent ridicat de vitrare. O execuţie îngrijită, asociată cu montarea unor tîmplării etanşe, şi întreţinerea corespunzătoare a construcţiilor pot, de asemenea, să conducă la economii de combustibil.

Un loc special în preocupările ISPE privind economia de energie prin raţionalizarea instalaţiilor de încălzire îl ocupă staţiile de transformare. Acestea, găsindu-se de regulă pe amplasamente izolate, sînt încălzite electric, neexistînd posibilitatea alimentării cu căldură de la reţele termice orăşeneşti sau ale unor întreprinderi învecinate.

Instalaţiile de încălzire electrică ale staţiilor de transformare de 220 şi 400 kV reprezintă o putere instalată de circa 40 kW, ceea ce echivalează cu circa 15 % din puterea unitară a transformatorului de servicii proprii în funcţiune. Evident, o reducere a consumurilor de energie electrică pentru încălzire trebuie realizată pe seama îmbunătăţirii condiţiilor de izolare termică a construcţiilor (bloc de comandă, clădirea grupului Diesel, cabinele de relee), a automatizării funcţionării instalaţiilor de încălzire pentru menţinerea strictă a temperaturilor interioare etc.

În prezent există preocupări pentru utilizarea căldurii solare pentru prepararea apei calde de consum, precum şi a căldurii-deşeu rezultate din funcţionarea instalaţiilor tehnologice.

4. Instalaţii de ventilare

Pentru asigurarea unor condiţii normale de funcţionare a echipamentelor şi a aparatajelor tehnologice, precum şi pentru asigurarea condiţiilor de microclimat în zonele care cer prezenţa permanentă a personalului de exploatare, ventilarea eficientă a compartimentelor cu degajări de nocivităţi din centralele electrice este indispensabilă.

Obiectul cel mai important, care ridică probleme majore cu privire la ventilare, este clădirea principală. Debitele de aer rezultate pentru evacuarea căldurii şi umidităţii degajate în sălile de maşini, în sălile de cazane şi în corpul intermediar sînt considerabile şi proporţionale cu degajările de căldură şi de umiditate ale echipamentelor.

Baza de calcul şi schema de ventilare a sălilor de maşini şi de cazane ale centralelor electrice corespund principiilor specifice de ventilare aplicate în cazul încăperilor cu degajări importante de căldură, principii care presupun existenţa unui important gradient de temperatură, asigurîndu-se astfel o reducere considerabilă a debitelor totale de aer necesar ventilării.

Dacă normele de microclimat şi condiţiile climatice sînt elemente asupra cărora nu se poate acţiona, pierderile tehnologice de căldură şi de abur ale clădirilor principale rămîn factorii de bază care influenţează dimensiunile sistemelor de aeraţie şi ventilare mecanică. Economicitatea

acestor sisteme este dependentă de mărimea degajărilor de noxe care determină mărimea și complexitatea instalațiilor de introducere și evacuare a aerului.

Pierderile de căldură tehnologice excesive datorate în special izolării deficitare și etanșărilor necorespunzătoare duc nu numai la condiții anormale de microclimat, ci și la pierderi mari de energie termică. Evident că prin ventilarea clădirilor nu trebuie să se suplinească deficiențele datorate unor instalații tehnologice defectuos concepute sau exploatate.

În acest sens, normele tehnice prevăd ca obligatorie în primul rînd reducerea în măsură maximă posibilă a degajărilor nocive și evacuarea prin instalații de ventilare numai a acelei părți degajate inerent din procesul tehnologic.

Zone „calde" în centralele electrice sînt și corpurile intermediare aglomerate în special cu instalații tehnologice electrice, unde condițiile devin grele, pe de o parte, datorită faptului că spațiile ocupate nu au de regulă pereți spre exterior și, pe de altă parte, datorită necesității de a se prevedea instalații de avarie pentru evacuarea fumului produs în urma unor eventuale incendii.

Referitor la instalațiile de ventilare de avarie, normativul PE 107/78 pentru proiectarea rețelelor de cabluri electrice prevede ca în încăperile pentru cabluri în care nu se montează instalații speciale de stingere a incendiilor să se prevadă sisteme de ventilare de avarie pentru evacuarea direct în exterior a fumului și produselor secundare ale arderii, putîndu-se micșora prin reducerea sarcinii termice a compartimentelor respective.

Camerele de comandă termică amplasate în corpurile intermediare reprezintă, din punctul de vedere al instalațiilor de ventilare, unul dintre obiectele de importanță deosebită. Aporturile de căldură substanțiale, condițiile de microclimat pentru funcționarea corectă a echipamentelor și aparatajelor, precum și considerațiile ergonomice conduc, de cele mai multe ori, la necesitatea dotării camerelor de comandă termice cu instalații de condiționare a aerului.

Reducerea la strictul necesar a instalațiilor de condiționare a aerului în camerele de comandă, sau renunțarea totală la aceste instalații, se poate realiza numai în măsura în care echipamentele tehnologice pot funcționa normal la temperaturi ridicate.

Avînd ca îndreptar prevederile Legii nr. 8 din iunie 1977, privind asigurarea durabilității siguranței în exploatare, funcționalității și calitatea construcțiilor, s-a trecut în mai mare măsură la sistemul de ventilare natural organizat al sălilor de mașini și de cazane, al camerelor de acumulatoare cu amplasamente adecvate, al stațiilor de pompare a apei, al stațiilor electrice de pe lîngă obiectele auxiliare ale centralelor, al stațiilor de pompe pentru termoficare.

În scopul reducerii spațiilor construite, ventilatoarele și accesoriile pentru ventilatoare, clapete de reglaj, închidere etc., s-au montat în aer liber la sistemele de ventilare a stațiilor de pompe Bagger, a stațiilor de electrofiltre, a corpurilor intermediare, a stațiilor de pompare a păcurii și uleiului.

De asemenea, la montarea în interior a instalațiilor de ventilare, s-a trecut la dimensionarea strictă a suprafețelor și volumelor de construcții necesare pentru partea de ventilare, dînd spațiilor un grad sporit de utilizare.

În cadrul stațiilor de epurare chimică a apei, dimensionarea ventilațiilor pe baza degajărilor de nocivități este practicată în mod curent colaborînd cu partea tehnologică, în vederea reducerii degajărilor nocive prin eliminarea surselor producătoare, pe baza etanșării instalațiilor și a îmbunătățirii procesului tehnologic la camerele de reactivi, gospodării de var-praf, stații de pompare, stații de neutralizare. Pe baza analizei activității în laboratoarele stațiilor de epurare chimică, ventilarea generală în laboratoare nu se aplică decît în situații deosebite, ca, de exemplu, încăperile fără comunicație directă cu exteriorul. Pentru economisirea metalului s-a trecut la utilizarea canalelor de aer, pieselor speciale și accesoriilor din PVC, în special la stațiile de epurare chimică, cu toate dificultățile generate de lipsa cataloagelor de prețuri și a cadrelor pentru executarea acestui tip de instalații.

O atenție sporită s-a acordat și se acordă utilizării cît mai raționale a utilajelor de ventilare. În vederea economisirii de metal se utilizează cu precădere ventilatoarele axiale, care, conform indicațiilor producătorului, sînt mai ușoare decît ventilatoarele centrifugale la aceiași parametri funcționali, baterii de încălzire a aerului și filtre cu greutate și gabarite reduse, precum și canale, piese speciale, dispozitive pentru introducerea și evacuarea aerului, dispozitive de reglaj, tipizate care asigură producția economică, prin economie de metal și de manoperă.

În vederea realizării unor instalații cu eficiență sporită, cu respectarea riguroasă a prescripțiilor tehnice, avînd ca țel desfășurarea în bune condiții a proceselor de producție și a activității personalului de exploatare, în viitor se va acorda o atenție sporită utilizării ventilării zonelor calde din clădirea principală și în special a camerelor de comandă termică, cu aer răcit adiabatic, acolo unde parametrii climatici permit realizarea acestor instalații. Răcirea aerului exterior în perioada de vară poate fi obținută fără utilizarea apei răcite sau a altor instalații de răcire în aparatele tipizate de întreprinderea

ICMA — București. Trebuie menționat că răcirea adiabatică este aplicabilă numai în situațiile în care aerul exterior are o umiditate relativă redusă, respectiv în zonele de sud ale țării noastre, în județele Dolj, Teleorman-Ilfov, o parte din județul Prahova, Buzău, Brăila și Municipiul București.

Cu scopul reducerii consumului de metal, pentru ventilarea compartimentelor din corpul intermediar care nu reclamă dotarea cu instalații de ventilare de avarie, se va aplica evacuarea aerului cald în sala mașinilor sau în sala cazanelor, evitîndu-se traseele de canale verticale de evacuare în exterior.

În cadrul laboratoarelor stațiilor de epurare chimică se va analiza și se va aplica cu prioritate sistemul de introducere a aerului exterior prin depresiune.

De asemenea, se va adopta sistemul de recuperare a căldurii prin recuperatoarele de căldură de tip SCAROM, după asimilarea în țară și trecerea la producția de serie a acestor aparate.

Se acordă, de asemenea, atenție și aplicării automatizării funcționării instalațiilor de ventilare în scopul reducerii consumului de energie electrică și al asigurării parametrilor de calcul, în special în compartimentele care se caracterizează prin degajări mari de căldură.

Reducerea debitelor de aer de ventilare a stațiilor de pompare a păcurii, încadrate în categoria C de pericol de incendiu, renunțarea la ventilarea gospodăriilor de var-praf constituie alte obiective urmărite pentru reducerea cheltuielilor de investiții.

Pe lîngă cele menționate, introducerea sistemelor moderne de calcul, promovarea folosirii pe scară mai largă a proiectelor și a detaliilor-tip, utilizarea utilajelor cu performanțe îmbunătățite constituie preocupări ale colectivelor de instalații pentru a-și aduce contribuția la efortul general de realizare cu cheltuieli minime a unor obiective cu eficiență maximă.

Ținînd seama, însă, de faptul că nu numai calitatea proiectelor este determinantă, ci și materializarea acestora pe teren, astfel încît să se obțină parametrii prevăzuți prin proiectare, urmărirea realizării pe șantier, participarea la recepționarea și urmărirea în exploatare a instalațiilor, cu scopul perfecționării continue a soluțiilor, sînt obligații pe care trebuie să le respecte toți proiectanții.

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 3. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10 264/1979

I. P. I. c. 1487

41 401

Recenzii

C. MIHĂILEANU și D. M. POTLOG. **Goluri de tensiune în sisteme electroenergetice**. Editura tehnică, București, 1979, 244 p.

În literatura noastră tehnico-științifică din domeniul electroenergetic, lucrarea cu titlul de mai sus constituie o carte fără precedent. Avînd la bază preocupările științifice și experiența practică îndelungată a autorilor în acest domeniu, lucrarea acoperă un loc important în literatura noastră tehnică de specialitate.

Golurile de tensiune constituie o clasă specială de perturbații în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali, care apar inevitabil în orice rețea electrică.

Apariția golurilor de tensiune în rețelele electrice se datorează unei mari diversități de cauze, acestea putînd provoca dereglări cu diferite grade de gravitate ale proceselor de producție, care pot avea consecințe dintre cele mai nedorite.

Problema asigurării nivelului necesar de siguranță în funcționarea instalațiilor electroenergetice a apărut odată cu sistemele electroenergetice, dar, ca urmare a creșterii exigențelor reclamate de procesele tehnologice moderne, a căpătat noi dimensiuni, care au amplificat volumul cercetărilor în această direcție în toate țările lumii.

În cadrul tuturor factorilor care condiționează calitatea energiei electrice, golurile de tensiune au o deosebită importanță.

Lucrarea la care ne referim este prima din țara noastră și printre puținele pe plan mondial care tratează unitar studiul producerii golurilor de tensiune, al caracteristicilor acestora, al efectelor lor asupra consumatorilor industriali și similari, ca și căile pentru găsirea soluțiilor practice de reducere a acestor efecte.

Cercetarea românească în acest domeniu este cunoscută și apreciată în țară și peste hotare. În prezent se poate vorbi de o orientare, o școală românească în domeniul studiului golurilor de tensiune, inițiată de autorii cărții recenzate, care au introdus noțiunea de ,,gol de tensiune'' în literatura tehnică de specialitate românească și la care au aderat și aderă numeroși specialiști din unitățile de cercetare și inginerie tehnologică, din învățămînt și industrie.

Cartea ,,Goluri de tensiune în sisteme electroenergetice'' este o lucrare cu tratare compactă a subiectului, care include, cu o pondere semnificativă, contribuțiile originale ale autorilor la subiectul tratat.

Lucrarea este structurată pe șase capitole, care înglobează aproape în întregime aria problematicii teoretice și practice a studiului golurilor de tensiune.

Capitolul 1 cuprinde generalități, care se referă la : definirea și caracteristicile golurilor de tensiune, efectele golurilor de tensiune asupra consumatorilor de energie electrică (acționări electrice cu motoare sincrone și asincrone, convertizoare statice cu tiristoare, contactoare și ruptoare electromagnetice, instalații de iluminat), cercetări statistice privind golurile de tensiune din sistemele electroenergetice.

Capitolul 2 se ocupă de modelele matematice pentru studiul comportării acționărilor electrice cu motoare sincrone și asincrone la goluri de tensiune. În cadrul acestui capitol sînt abordate următoarele probleme : ecuația mișcării ansamblului motor-transmisie — mașină de lucru, ecuațiile electrice ale motorului sincron pentru regimuri de funcționare tranzitorii, ecuațiile electrice ale motorului sincron pentru regimuri de funcționare staționare, modele matematice pentru acționări cu motoare sincrone (22 modele), ecuațiile electrice ale motorului asincron pentru regimuri de funcționare tranzitorii și, respectiv, pentru regimuri staționare, modele matematice pentru acționări cu motoare asincrone (7 modele).

Se remarcă marea diversitate de modele matematice pentru acționări cu motoare sincrone și asincrone prezentate în cadrul acestui capitol.

În funcție de modul de scriere a ecuațiilor electrice ale motorului sincron sau asincron, ca și de ipotezele simplificatoare admise suplimentar, autorii au elaborat mai multe modele matematice cu grade de precizie diferite.

Cercetătorul, proiectantul, sau în general cel interesat în aceste probleme, poate alege, funcție de condițiile concrete, modelul matematic cel mai potrivit.

Capitolul 3 este destinat studiului în scheme simplificate al comportării acționărilor electrice cu motoare sincrone și asincrone la goluri de tensiune. În cadrul acestui capitol sînt prezentate următoarele probleme : algoritmul pentru calculul comportării la goluri de tensiune a unei acționări cu motor sincron sau asincron, programe de calcul pentru calculatoare cifrice, comparație între diferitele modele matematice pentru acționări cu motoare sincrone, comparație între diferitele modele matematice pentru acționări cu motoare asincrone, influența nesimetriei golurilor de tensiune asupra comportării motoarelor sincrone și asincrone, metoda verificării comportării la cele mai grave goluri probabile, metoda curbelor de aptitudine.

Capitolul 4 abordează studiul comportării unui nod de rețea care alimentează un ansamblu de acționări electrice cu motoare sincrone și asincrone, atunci cînd în nodul respectiv are loc golul de tensiune.

Așadar, capitolul 4 reprezintă un caz mai general față de capitolul 3, de această dată valorile impuse ale tensiunii avînd loc în nodul rețelei sistemului electroenergetic, și nu la bornele fiecărui motor în parte. Tensiunea la bornele unui motor oarecare al ansamblului este în acest caz dictată, pe de o parte, de tensiunile din nodul sistemului și, pe de altă parte, de circulația de puteri din rețea.

În cadrul capitolului 4 sînt tratate următoarele probleme : raportarea mărimilor ce intră în ecuațiile motoarelor sincrone și asincrone la un sistem unic de axe, comun pentru toate mașinile, algoritmul pentru calculul comportării la goluri de tensiune a unui grup de acționări cu motoare sincrone și asincrone conectate la o rețea alimentată dintr-un nod al sistemului electroenergetic, programul de calcul RETAMOCS, exemplu de calcul.

În cadrul capitolului 5 sînt prezentate efectele golurilor de tensiune asupra receptoarelor statice de energie electrică. În categoria receptoarelor statice s-au inclus : convertizoare cu tiristoare, contactoare și ruptoare electromagnetice și instalații de iluminat.

Capitolul 6, și ultimul al lucrării, cuprinde concluzii practice privind insensibilizarea consumatorilor față de golurile de tensiune. În cadrul capitolului, în direcția diminuării sensibilității consumatorilor la golurile de tensiune, sînt prezentate o serie de soluții cu diverse grade de complexitate și cost.

Soluțiile prezentate sînt : protecții de minimă tensiune realizate cu relee electromagnetice sau cu relee cu elemente electronice, instalații pentru menținerea în funcțiune a motoarelor sincrone la goluri de tensiune, alegerea corectă a tipului de motor în condițiile impuse parametrilor acționării, sisteme adecvate de alimentare cu energie electrică a receptoarelor sensibile la goluri de tensiune (sisteme cu înmagazinare de energie cinetică, sisteme cu înmagazinare de energie electrică, sisteme cu înmagazinarea mai multor forme de energie).

Cartea se încheie cu 6 anexe cuprinzînd probleme de calcul.

Trecerea în revistă a conținutului cărții scoate în evidență faptul că aceasta este o lucrare complexă și cu un grad înalt de utilizare a instrumentației matematice moderne.

Cartea se încadrează în literatura electroenergetică, care, prin concepția și structura ei, interesează în mod deosebit atît pe energeticianul industrial, cît și pe specialistul de la furnizorul de energie electrică, atît pe cel din cercetare și proiectare, cît și pe cel din exploatare.

Prin conținutul și calitățile sale, cartea prezintă interes și pentru cadrele didactice din învățămîntul superior, ca și pentru studenți — viitori ingineri electroenergeticieni sau electrotehnicieni.

Ing. **Romulus Sfich**

Profesor emerit dr. docent ing. DORIN PAVEL
1900 — 1979

La 5 iulie 1979 s-a stins din viață profesorul emerit dr. docent inginer Dorin Pavel, laureat al Premiului de Stat, personalitate marcantă a științei și tehnicii românești.

Născut la Lancrăn — Sebeș la 31 mai 1900, urmează cursurile Școlii politehnice din Zürich, obținînd diploma de inginer hidromecanic în anul 1923, pentru ca în anul 1925, la aceeași școală, să devină doctor în științe tehnice.

Întors în țară, se dedică de la început carierei didactice, activînd 45 de ani în învățămîntul superior, ca profesor la Școala de aeronautică Cotroceni, conferențiar la Facultatea de științe din București și din 1935 profesor la Școala politehnică, mai tîrziu Institutul politehnic București, unde a predat cu deosebită competență și atractivitate cursurile de Hidraulică, Mașini hidraulice, Hidroenergetică și Căderi de apă. A militat, cu entuziasmul caracteristic, pentru înființarea Secției de hidrotehnică în cadrul Facultății de construcții din Școala politehnică.

Profesorul și pedagogul Dorin Pavel și-a adus, cu dăruire și pasiune, aportul la formarea a 45 promoții de ingineri, la educarea acestora în spiritul dragostei de patrie și de pămîntul strămoșesc, constituind, atît pentru studenți cît și pentru colegi, un exemplu de cinste, de abnegație, de militant activ pentru propășirea patriei sale.

Manualele didactice, cît și celelalte scrieri tehnice pe care le-a publicat în decursul prestigioasei sale cariere — 23 manuale didactice, 44 cărți și monografii tehnice, 140 studii și articole în reviste de specialitate, buletine științifice și periodice — au constituit izvoare de lumină, știință și tehnică, au fost sursa a numeroase metode teoretice și tehnice originale, indicînd căile cele mai potrivite pentru dezvoltarea energetică a țării în viitor.

Activitatea științifică și didactică multilaterală se împletește strîns și cu o deosebit de bogată activitate tehnică și practică. Imediat la întoarcerea în țară lucrează ca inginer la societatea „Electrica", apoi ca șef de exploatare la Uzina hidroelectrică Dobrești, iar mai tîrziu ca director tehnic la Uzinele Comunale București, calitate în care a inițiat și realizat importantele lucrări de amenajare a salbei de lacuri din zona de nord a Capitalei.

Încă din perioada de început a activității sale se remarcă preocuparea constantă și atenția specială pe care profesorul Dorin Pavel o consacră studierii potențialului hidroenergetic al României, activitate încununată de apariția impunătoarei lucrări „Planul general de amenajare a forțelor hidraulice", apărută în limba franceză în colecția IRE, anul 1933, și care-l situează pe profesorul Pavel ca fondator al școlii românești de hidroenergetică.

Această lucrare și-a dovedit cu atît mai mult actualitatea și utilitatea în zilele noastre, o dată cu lansarea planului de electrificare a României, în care multe obiective se bazau pe fundamentul solid al studiilor pasionate ale inginerului Pavel.

În anul 1949 se alătură cu entuziasm numărului restrîns de specialiști existenți la acea dată în țară care vor forma nucleul viitoarelor institute de proiectări ISPE și apoi ISPH. Militînd în continuare pentru folosirea complexă a cursurilor de apă ale țării, contribuie cu mintea și sufletul, cu energia sa nestăvilită la realizarea tuturor obiectivelor hidroenergetice ale etapei de construire a socialismului. Sînt de remarcat, printre altele: amenajarea complexă a riurilor Bîrzava, Nera, Semenic și Gozna, uzinele hidroelectrice Crăinicel, Aștileu, Sadu V, „V. I. Lenin"-Stejaru, cascada de hidrocentrale de pe riul Bistrița sau amenajările de pe riurile Lotru, Drăgan, Riul Mare, Someș. Cu multă pasiune și-a adus contribuția și la amenajarea integrală a Dunării, în special la realizarea Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier. Un ultim regret l-a încercat, probabil, neputînd să ia parte la punerea în funcțiune a importantelor obiective hidroenergetice — centralele Șugag și Gîlceag de pe Sebeșul natal, amenajare pe care a gîndit-o și pentru care a militat încă din tinerețe. Se poate afirma că nu există obiectiv hidroenergetic în țara noastră care să nu fi beneficiat de contribuția și experiența profesorului Pavel.

Pentru rezultatele deosebite obținute în cursul întregii sale activități, inginerului și profesorului Dorin Pavel i s-au acordat numeroase distincții, printre care: Ordinul Muncii cl. I și II, ordinul Steaua Republicii cl. II, Ordinul Meritul Științific cl. I. Pentru meritele sale în domeniul pregătirii cadrelor de specialiști și pentru activitatea sa prodigioasă în cadrul învățămîntului superior a fost onorat cu titlul de profesor emerit; cu ocazia inaugurării Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier a fost decorat și cu Ordinul Drapelul Iugoslaviei cu stea de aur.

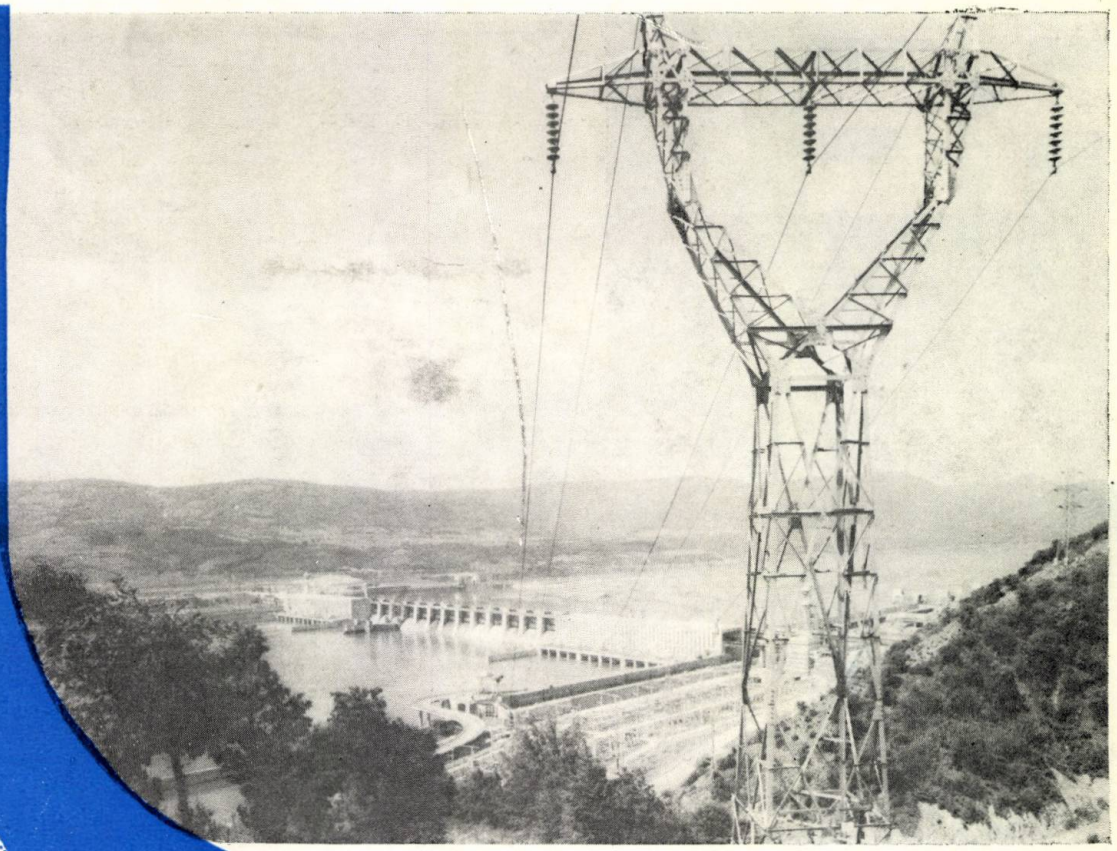
Moartea l-a răpit chiar de la masa de lucru, în timp ce redacta o lucrare de sinteză a întregii sale activități.

Vom păstra inginerului, profesorului și arhitectului apelor Dorin Pavel o amintire luminoasă, care, prin exemplul unei vieți dedicate muncii neobosite, prin nenumăratele sale lucrări de specialitate, manuale și cursuri universitare, prin obiectivele hidroenergetice concepute, lasă o moștenire neprețuită științei și tehnicii românești și o imagine de neșters în inimile celor care l-au cunoscut ca om, profesor și inginer.

ISPH

INSTITUTUL DE STUDII SI PROIECTARI HIDROENERGETICE

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest, Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r

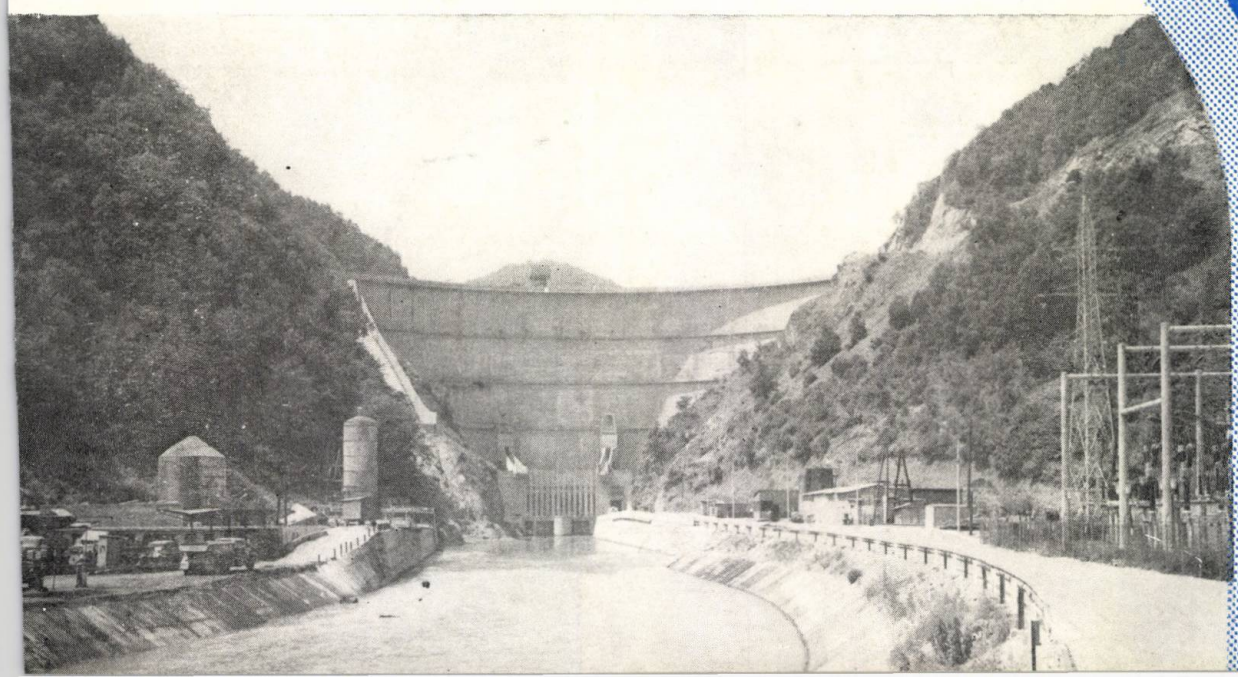


I. S. P. H. Designing Institute with complex profile offers :

. River basin development studies :
- hydroelectric developments ;
- multipurpose hydraulic developments ;
- special hydraulic structures .

. Special activities :
- hydrological and hydrogeological studies ;
- engineering-geological investigations ;
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations ;
- topographical surveys and mapping

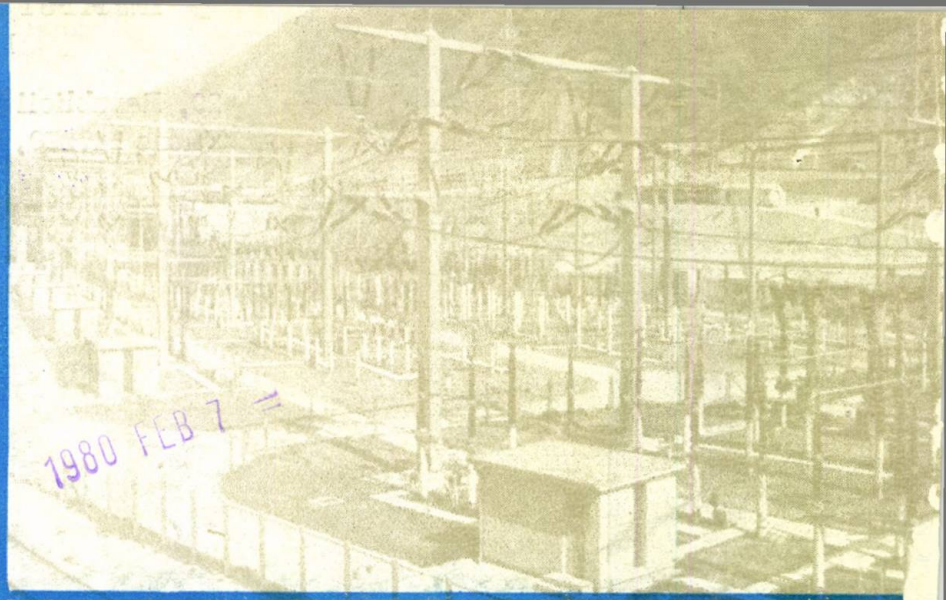
. Special services :
- preliminary studies and designs ;
- feasibility studies ;
- final designs ;
- detailed construction drawing
- tender documents and contrac
- inspection and supervision
- expert's reports



ROMENERGO

RE

ROMANIA



1980 FEB 7

ROMENERGO – Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning; the services are performed by the specialized units :

ISPE – The Power Study and Design Institute:

ISPH – The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH – The Hydropower Construction Trust;

TEC – The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM – The Energomontaj Trust ;

TEM – The Electromontaj Trust

CIPEET – The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;

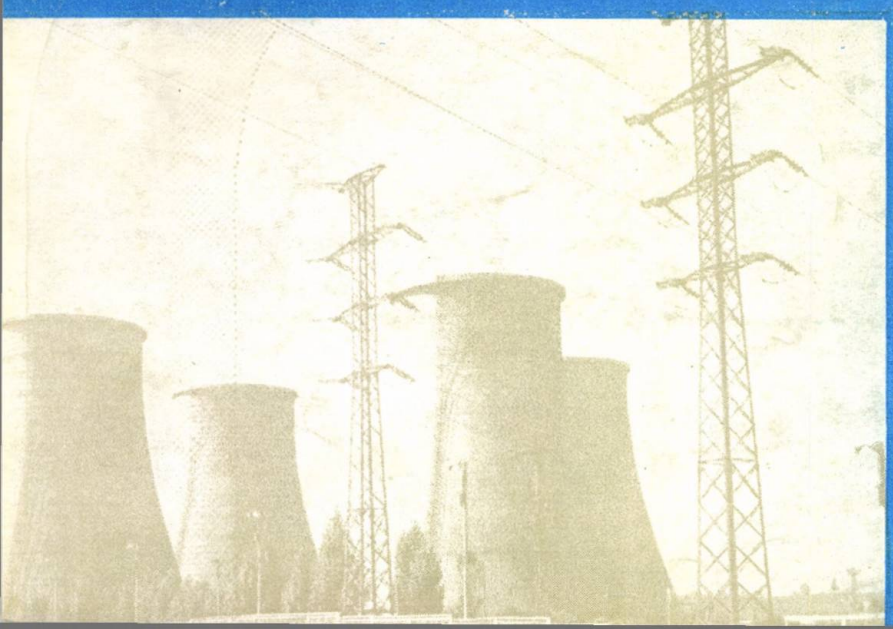
CIRE – The Industrial Central for Electric Networks ;

ICEMENERG – The Power Research and Modernization Institute;

ICMP – The Enterprise for Metallic Construction and Prefabs.

ROMENERGO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad for thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions, etc., export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.

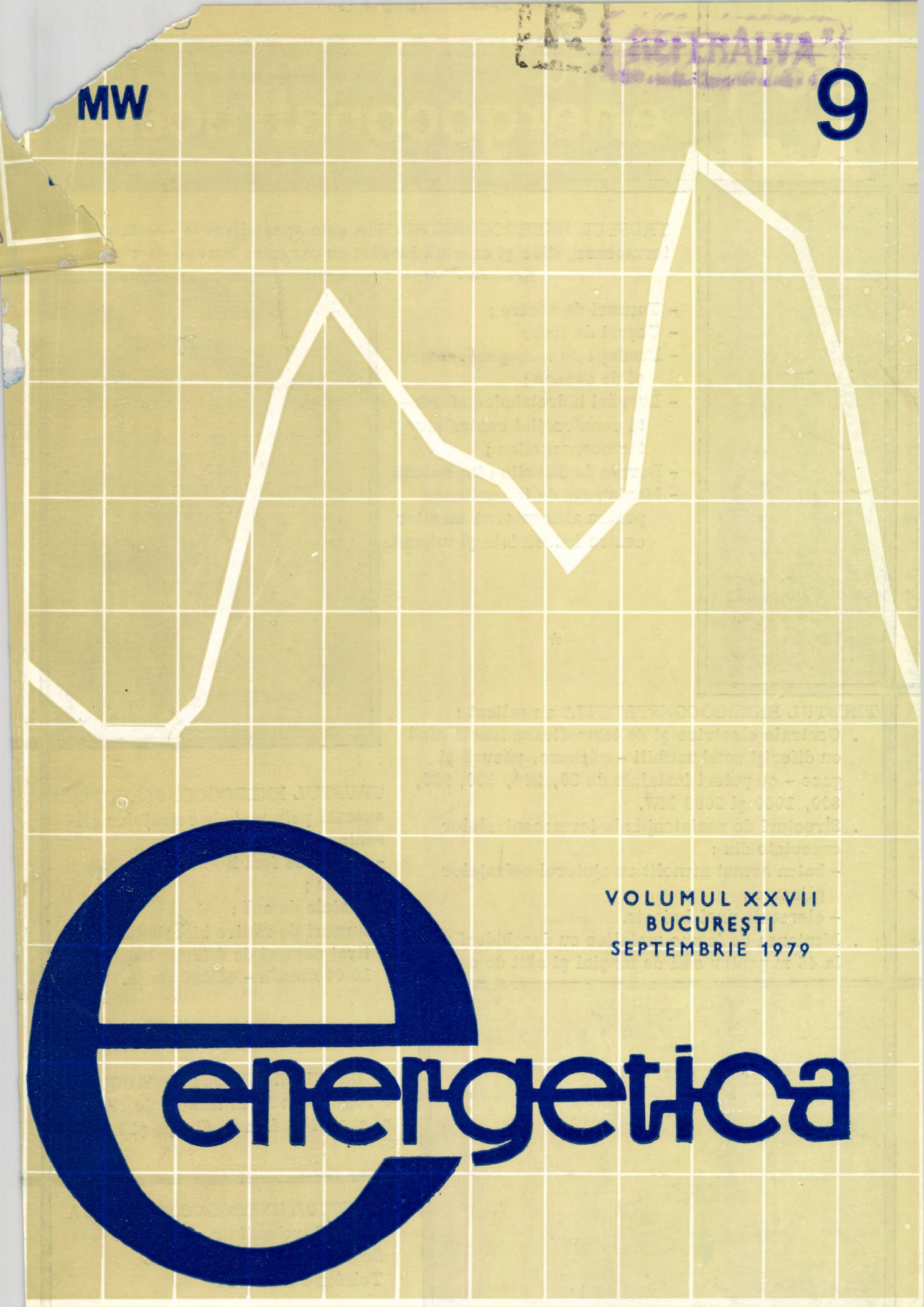


1, Lacul Tei Blvd.; sector II
BUCHAREST – ROMANIA
Telephone : 12. 13. 26 –
12. 05. 51
Telex : 11525 romeng-r
P. O. B. :/-736

"ARTERALVA"

MW

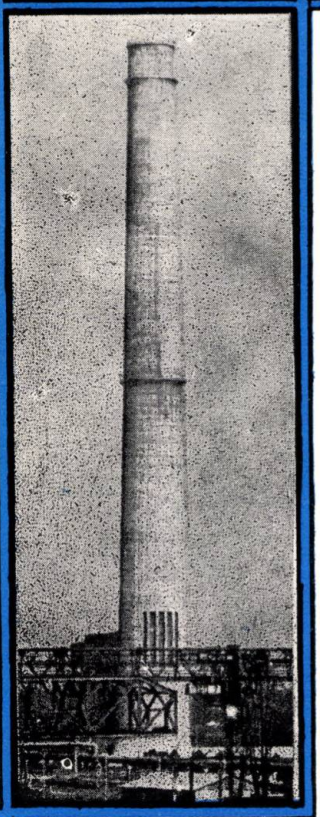
9



VOLUMUL XXVII
BUCUREŞTI
SEPTEMBRIE 1979

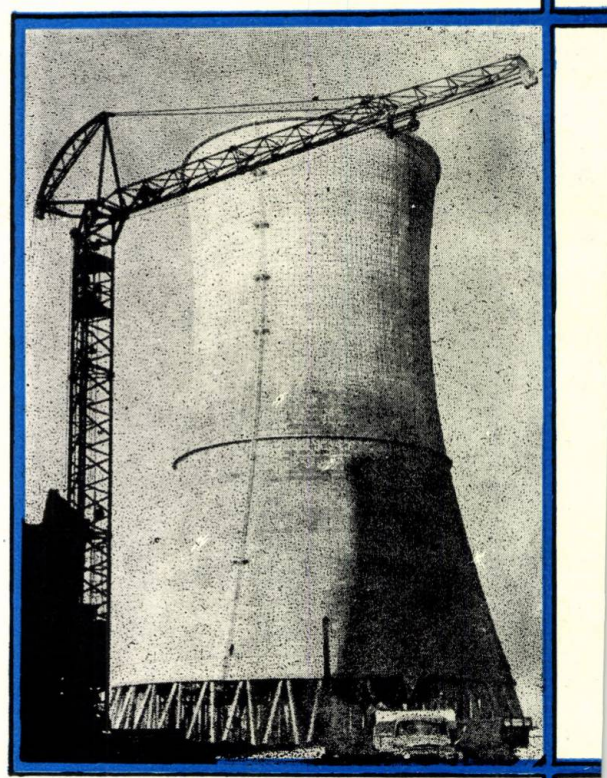
energetica

TRUSTUL energoconstrucția



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA este specializat în construcții termoenergetice și execută lucrări cu caracter special ca :

- Turnuri de răcire ;
- Coșuri de fum ;
- Fundații de turbogeneratoare și de cazane ;
- Lucrări hidrotehnice aferente construcției centralelor termoenergetice ;
- Baraje de diferite dimensiuni;
- Magistrale de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale și urbane.



★

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA a realizat :

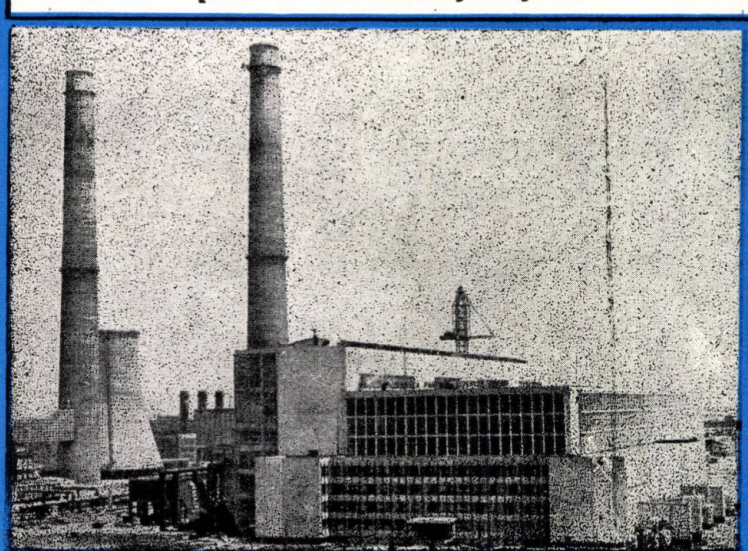
. Centrale electrice și de termoficare funcționînd cu diferiți combustibili - cărbune, păcură și gaze - cu puteri instalate de 50, 200, 300, 625, 800, 1000 și 2600 MW.

. Structuri de rezistență ale termocentralelor executate din :
  - beton armat monolit cu ajutorul cofrajelor glisante ;
  - elemente prefabricate.

. Montarea de ferme metalice cu deschideri pînă la 45 m pentru săli de mașini și săli de cazane.

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA execută prin metoda cofrajelor glisante :

- coșuri de fum H = 100, 200, 250 și 280 m ;
- castele de apă ;
- turnuri de răcire hiperbolice cu tiraj natural de diferite capacități 10 000 mc/h - 42 000 mc/h.



★

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA a realizat în Siria turnuri de răcire și coșuri de fum la Aleppo și Banias.

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA
Calea Dorobanți nr. 103 - 105
Sector 1 București, 71223
Telefon : 79. 60. 20

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 9 septembrie

1983

Cuprinsul

		Pag.
Al. Floreșteanu	**Treizeci de ani de activitate a Trustului „Energoconstrucția"**	407—410
Gh. Milițescu	**Treizeci de ani de activitate de montaj centrale electrice în România**	410—415
C. Roșca	**Realizări tehnice originale în domeniul mecanizării lucrărilor de construcții, aplicate de Trustul „Energoconstrucția"**	416—418
Al. Nicolau	**Preocupările Trustului „Energoconstrucția" pe linia creșterii productivității muncii**	418—420
I. Kleps	**Realizări și perspective în utilizarea tehnicii moderne de calcul în cadrul Trustului „Energoconstrucția"**	420—423
M. Carp	**Aspecte din realizările Trustului „Energoconstrucția" în alte țări**	423—424
A. Măcriș. H.M. Tănase și C. Raica	**Metodologia centrării după semicuple a rotoarelor turboagregatelor termoenergetice**	424—431
D. Romedea	**Tehnologia de suspendare a planșeului cotei + 30,0 m la cazanul de 1035 t/h CTE Brăila, pentru modificarea grinzii frontale la cota + 28,50 m**	432—433
D. Mureșan	**Viteze de lucru admisibile ale podurilor rulante din sala mașinilor**	434—435
D. Scorțea	**Tehnologii noi privind montarea blindajelor galeriilor forțate la centrale hidroelectrice de mare cădere**	436—439
L. Oancea	**Aspecte specifice privind reglarea livrării căldurii produse în termoficare pentru încălzirea serelor**	441—443
Al. Blada, D. Săndulache și Gh. Apetrei	**Model și program pentru calculul regimului optim de funcționare a unei cascade de centrale hidroelectrice**	444—451
R. Sfichi	**Unele aspecte privind îmbunătățirea regimului electric de lucru al unui cuptor cu arc**	452—459
D. Păunescu	**Asupra adoptării coeficienților de siguranță (selectivitate) în calculul treptelor de măsură ale protecțiilor de distanță aferente liniilor electrice**	459—460
C. Irinei	**Principiile calculului luminanțelor în iluminatul rutier**	461—463

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific al
Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

Ал. Флорештяну: **30 лет деятельности Треста Энергоконструкция.**
407—410

Г. Милицеску: **30 лет деятельности монтажа электрических станций в Румынии.**
410—415

К. Рошка: **Оригинальные технические достижения, применяемые Трестом Энергоконструкция в области механизации строительных работ.**
416—418

Ал. Николау: **Преследуемые задачи Треста Энергоконструкция в связи с ростом производительности труда.**
418—420

И. Клепс: **Достижения и перспектива использования современной вычислительной техники в рамках Треста Энергоконструкция.**
420—423

М. Карп: **Некоторые аспекты достижений Треста Энергоконструкция в других странах.**
423—424

А. Мэкриш, Х. М. Тэнасе и *К. Райка*: **Центрирование роторов термоэнергетических турбоагрегатов.**
424—431

Д. Ромедя: **Технология подвешивания потолка высотой 30,0 м в котле 1035 т/ч на ТЭС Брэила для изменения торцовой балки до высоты + 28,50 м.**
432—433

Д. Мурешан: **Допустимые рабочие скорости подвижных мостов в машинных залах.**
434—435

Д. Скорця: **Новые технологии относительно монтажа брони силовых галерей на высоконапорных гидроэлектростанциях.**
436—439

ДК 697.34
Оанчеа, Л.: **Специфические аспекты касающиеся регулирования поставки тепла, произведенного в теплофикации для отопления теплиц.**
После представления особенностей теплоснабжения теплофикацией теплиц, — которые нужно учитывать при установлении оптимального способа регулирования теплоснабжения—рекомендуется управление и постоянное наблюдение за поставкой тепла с помощью диаграмм, которые отображают корреляцию между параметрами горячей воды в тепловом пункте потребителя.
441—443

ДК 621.221.2.
Блада, Л., Сэндулаке Д. и *Апетрей, Г.*: **Модель и программа для расчета оптаимльного режима работы каскад гидроэлектростанции.**
444—451

ДК 621.365.2
Сфики, Р.: **Некоторые аспекты касающиеся улучшения электрического режима работы дуговой печи.**
Статья углубляет теоретически и практически, некоторые вопросы оптимального электрического режима электрических дуговых печей, ссылаясь на энергетический баланс, при котором работает печь.
452—459

ДК 621.315.1
Пэунеску, Д.: **Применение коэффициентов надежности (избирательности) при расчете ступеней измерения дистанционной защиты линий электропередачи.**
Подходя с точки зрения, отличающейся от обычной, к проблеме избирательности дистанционной защиты некоторых последовательно включенных линий, рекомендуются новые критерии для выбора уставок ступеней измерения.
459—460

ДК 628.971
Ириней, К.: **Принципы расчета степени освещения в городском освещении.**
461—463

INHALTSVERZEICHNIS

Floreşteanu, Al.: **30-jährige Tätigkeit des Trustes Energoconstrucţia**
407—410

Miliţescu, Gh.: **30-jährige Montagetätigkeit im Bereich der Kraftwerke in Rumänien**
410—415

Roşca, C.: **Vom Trust Energoconstrucţia angewendete originelle technische Leistungen im Bereich der Mechanisierung der Bauarbeiten**
416—418

Nicolau, Al.: **Anliegen des Trustes Energoconstrucţia betreffend die Erhöhung der Arbeitsproduktivität**
418—420

Kleps, I.: **Neue Erungenschaften und Aussichten in der Anwendung der modernen Rechentechnik im Rahmen des Trustes Energoconstrucţia**
420—423

Carp, M.: **Einige Aspekte des Trustes Energoconstrucţia Bauten im Ausland**
423—424

Măcriş, A., Tănase, H.M. und *Raica, C.*: **Zentrierung der thermoenergetischen Turbosatzstatoren**
424—431

Romedea, D.: **Technologie der Aufhängung der Decke Quote + 30,0 m für den 1035 t/h-Kessel, WkW Brăila, zwecks Umänderung des Dwarsbalken auf Quote +28,50 m**
432—433

Mureşan, D.: **Zulässige Arbeitsgeschwindigkeiten der Laufkrane in der Maschinenhalle**
434—435

Scorţea, D.: **Neue Technologien betreffend die Montage der Zangsschachtverblendungen bei den elektrischen Hochdruckkraftwerken**
436—439

DK 697.34
Oancea, L.: **Spezifische Regelungsaspekte der für die Heizung der Gewächshäusern gelieferten Fernwärme**
Nachdem die Besonderheiten der Fernwärmezufuhr an Gewächshäusern, welche für die Bestimmung des optimalen Regimes der Wärmezufuhr in Betracht genommenen werden müssen, wird die Dauerleitung und Überwachung der Qualität der Fernwärmezufuhr anhand von Diagrammen, welche die Interaktion zwischen den Beiwerten des Heisswassers in der Wärmeanlage des Verbrauchers wiedergeben, vorgeschlagen
441—443

DK 621.221.2
Blada, L., Săndulache, D. und *Apetrei, Gh.*: **Modell und Programm für die Berechnung des optimalen Betriebsregimes einer Wasserkraftwerkskaskade**
444—451

DK 621.365.2
Sfichi, R.: **Einige Aspekte der Verbesserung des elektrischen Betriebsregimes eines elektrischen Lichtbogenofens**
Der Artikel enthält eine unfassende theoretische und praktische Auseinandersetzung mit einigen Fragen des elektrisch optimalen Betriebsregimes elektrischer Lichtbogenöfen, mit Betrachtungen über die Energiebilanz eines 3-Tonnen Ofens. Es wird auch das elektrisch verformbare Betriebsregime des Ofens vorgestellt.
452—459

DK 621.315.1
Păunescu, D.: **Die Annahme der Sicherheitskennwerten (Selektivität) bei der Berechnung der Messtufen der an elektrischen Leitungen sich befindenden Distanzschutzen**
Die Frage der Selektivität der sich in parallel verbundenen Leitungen befindenden Distanzschutzen, aus einem dem gewöhnlichen sich unterscheidenden Gesichtspunkt anschneidend, werden neue Auswahlkriterien für die Regelung der Messtufen vorgeschlagen.
459—460

DK 628.971
Irinei, C.: **Die Prinzipien der Luminanzberechnung in der Strassenbeleuchtung**
461—463

SOMMAIRE

Floreşteanu, Al. : **Trente années d'activité du Trust „Energoconstrucţia''**

407—410

Miliţescu, Gh. : **Trente années d'activité de montage des centrales électriques en Roumanie**

410—415

Roşca, C. : **Réalisations techniques originales dans la mécanisation des travaux de construction mises en pratique par le Trust Energoconstrucţia**

416—418

Nicolau, Al. : **L'activité du Trust Energoconstrucţia dans le domaine de l'accroissement de la productivité du travail**

418—420

Kleps, I. : **Réalisations et perspectives dans l'utilisation de la technique moderne de calcul par le Trust Energoconstrucţia**

420—423

Carp, M. : **Aspects des réalisations du Trust Energoconstrucţia en différents pays**

423—424

Măcriş, A., Tănase, H. M. et *Raica, C.* : **Centrage des rotors des turboagrégats thermoénergétiques**

424—431

Romedea, D. : **Technologie de suspension du plancher à la cote +30,0 m de la chaudière de 1035 t/h de la centrale thermique Brăila pour la modification de la poutre frontale à la cote +28,50 m**

432—433

Mureşan, D. : **Vitesses de service adminissibles des ponts roulants dans la salle de machines**

434—435

Scorţea, D. : **Nouvelles technologies pour le montage des blindages des galéries forcées dans les centrales hydroélectriques de grande chute**

436—439

CD 697.34

Oancea, L. : **Aspects spécifiques du réglage de la livraison de chaleur produite par le chauffage à distance pour le chauffage des serres**

Après avoir présenté les particularités de l'alimentation en chaleur des serres par le chauffage à distance — dont il faut tenir compte dans le choix du réglage optimal de la livraison de la chaleur — on recommande la commande et la surveillance continuelle de la qualité de la livraison de chaleur à l'aide de diagrammes qui représentent la corrélation entre les paramètres de l'eau bouillante au point thermique du consommateur.

441—443

CD 621.221.2

Blada, L., Săndulache, D. et *Apetrei, Gh.* : **Modèle et programme pour le calcul du régime optimal de fonctionnement d'une chute de centrales hydroélectriques**

444—451

CD 621.365.2

Sfichi, R. : **Aspects de l'amélioration du régime électrique de service d'un four à arc électrique**

L'article approfondit, sous un angle théorique et pratique, certains problèmes liés au régime électrique optimal des fours à arc électrique, par rapport au bilan énergétique d'un four de 3 t. On présente de même le régime électrique déformé dans lequel travaille le four.

452—459

CD 621.315.1

Păunescu, D. : **Adoption des coefficients de sécurité (sélectivité) dans le calcul des gradins de mesure des protections à distance afférentes aux lignes électriques**

En abordant, d'un point de vue autre que celui usuel, le problème de la sélectivité des protections à distance de certaines lignes, on recommande de nouveaux critères pour le choix des réglages des gradins de mesure.

459—460

CD 628.971

Irinei, C. : **Principes de calcul des luminances dans l'éclairage routier**

461—643

CONTENTS

Floreşteanu, Al. : **30 years of activity of the Trust Energoconstrucţia**

407—410

Miliţescu, Gh. : **30 years of activity in power plants erecting in Romania**

410—415

Roşca, C. : **Original technical achievements in the field of construction works mechanization at the Trust Energoconstrucţia**

416—418

Nicolau, Al. : **The concerns of the Trust Energoconstrucţia in view of increasing labour productivity**

418—420

Kleps, I. : **Achievements and prospectives in the use of modern computing techniques at the Trust Energoconstrucţia**

420—423

Măcriş, A., Tănase, H.M. and *Raica, C.* : **Centring of thermal turbosets rotors**

424—431

Romedea, D. : **Suspending technology of the +30,0 m floor level of the 1035 t/h boiler from the thermal power plant Brăila, with a view of changing the front floor level to +28,50 m**

432—433

Mureşan, D. : **Admissible travelling speeds of overhead cranes in the machines room**

434—435

Scorţea, D. : **New technologies of mounting of once-through way sheeting at high head power stations**

436—439

DC 697.34

Oancea, L. : **Specific aspects of greenhouses heat supply control from the district heating system**

After presenting the pecularities of heat supply from the district heating system to greenhouses — which must be taken into account for the optimal control decisions for heat supply — the continuous quality management and control of the supplied heat quantity by means of diagrams showing the correlation between the hot water parameters at the thermal station of the user are recommended.

441—443

DC 621.221.2

Blada, L., Săndulache, D. and *Apetrei, Gh.* : **Model and programme for the optimal operation regime of a hydropower plants cascade**

444—451

DC 621.365.2

Sfichi, R. : **Aspects regarding the improvement of the electrical working regime of an electrical arch furnace**

The article contains a theoretical and practical profound approach to some problems regarding the optimal electric regime of electric arch furnaces, referring to the energy balance of a three-tons furnace. The deforming electrical regime of the furnace is presented as well.

452—459

DC 621.315.1

Păunescu, D. : **Adopting safety coefficients (selectivity) in the measuring steps calculation of electrical lines remote control**

Approaching from a different point of view of the usual one, the problems of remote control selectivity of inseriated lines, some new criteria for the choice of measurement control steps are recommended.

459—460

DC 628.971

Irinei, C. : **The principles of luminances calculation in road lighting**

461—463

30 de ani de activitate a Trustului „Energoconstrucția"*)

Ing. Al. Florești eanu,
directorul Trustului „Energoconstrucția"

Înființată la 1 iulie 1949, întreprinderea de stat „Energoconstrucția" reprezintă organizația de construcții-montaj care traduce în viață planurile de electrificare a țării, executînd partea de construcție a centralelor termoelectrice, a centralelor electrice de termoficare, a stațiilor de transformare de 110—400 kV, lucrările de termoficare a marilor centre industriale și urbane, precum și lucrările conexe ca : depozite de cenușă, amenajări de rîuri și captări de apă, locuințe, alte construcții civile, social-administrative și culturale.

„Energoconstrucția" a construit centralele : Ovidiu, Doicești, Paroșeni, Borzești, Sîngeorgiu, Brazi, București-Sud, București-Vest, Luduș, Mintia, Craiova, Rovinari, Galați, Brăila, Govora și are în curs de execuție centralele Turceni, Craiova II, Deva-extindere, Brazi II, Giurgiu, Calafat, Oravița, pornind de la centrale de 36 MW cu grupuri de cîte 12 MW, în primii ani de activitate, și ajungînd la construcția de centrale de 2640 MW cu grupuri de 330 MW în ultimii ani.

În 30 de ani de activitate, „Energoconstrucția" a realizat un volum de producție de circa 12 miliarde lei, executînd lucrări de construcții în termocentrale care să asigure punerea în funcțiune a unei puteri instalate de 10355 MW, executînd de asemenea 80 turnuri de răcire cu capacități între 3000 m^3/h — 42 000 m^3/h, 43 coșuri de fum de înălțimi între 80 și 280 m, totalizînd 5700 ml, 52 cazane de apă fierbinte, 14 cazane de abur, 3,8 km pentru metroul din București, peste 500 km rețele de termofiacare etc.

În paralel cu producția de construcții și instalații s-a dezvoltat și producția secundar industrială, ajungînd în anul 1979 la peste 300 mil. lei și care constă în principal din extrageri de agregate, elemente prefabricate din beton armat, confecții și construcții metalice, autodotare.

Astfel, în afara faptului că „Energoconstrucția" a executat și a pus în funcțiune trei balastiere (Fișcălia, Ciumești și Văcărești), totalizînd o capacitate de un milion m^3 balast și agregate sortate anual, prin balastiere și stații de sortare organizate local întreprinderea produce anual 450 000 m^3 agregate sortate și prepară centralizat în stații de betoane circa 550 000 m^3 beton anual.

Față de situația în care se preparau, în primii ani de activitate, betoanele din balast și 2—3 sorturi în stații de betoane izolate, împrăștiate pe șantiere și loturi, în perioada 1960—1965 s-a trecut la generalizarea preparării betoanelor din patru sorturi în stații centralizate (fabrici de beton) semiautomate, concepute și realizate în întregime în cadrul trustului.

Execuția elementelor prefabricate în atelierele proprii a fost o preocupare care s-a materializat din primii ani de activitate, la început prin realizarea de plăci pentru canale, elemente pentru gard, stîlpi pentru linii electrice, chesoane pentru acoperișuri și tuburi pentru canalizare, ca apoi să se treacă la piese mai grele și mai complicate, ca : stîlpi, grinzi de cadru, grinzi de căi de rulare, chesoane grele, ferme, canale, elemente de planșeu etc.

Tot în cadrul producției industriale, încă de la execuția primelor centrale electrice, s-au realizat în atelierele proprii ferme metalice și instalații de ridicat (bigi), schele metalice, diverse dispozitive de mică mecanizare, cofraje metalice etc. Ulterior s-au executat barăci metalice, stații de betoane semiautomate, tîmplărie din tablă ambutisată, grătare Wema, construcții metalice, cofraje pășitoare pentru turnurile de răcire, instalații complexe pentru glisarea coșurilor de fum, diverse dispozitive și utilaje pentru dotația proprie.

În paralel cu autodotarea s-a urmărit asigurarea capacității de producție prin utilarea, cu mijloace de producție la nivelul tehnic și în cantitatea rezultată din studiile anuale de dotare, ținînd seamă de sarcinile de plan anuale și de prespectivă.

Prin planurile de investiții ne-am asigurat baza de producție, depozite, balastiere, stații de sortare, cariere etc., precum și dezvoltarea mecanizării în dotația proprie și prin întreprinderea de specialitate „Energoutilaj".

Evoluția continuă a activității Trustului „Energoconstrucția", îmbunătățirea calitativă a acesteia se oglindesc foarte clar în dinamica productivității muncii, care marchează o creștere continuă în decursul anilor, în paralel cu sporirea producției realizate an de an.

*) Cu ocazia aniversării, în iulie 1979, a 30 de ani de activitate a trusturilor Energoconstrucția și Energomontaj, revista „Energetica" publică, în prima parte a acestui număr, articole tratînd probleme mai deosebite din acest domeniu de activitate.

Productivitatea muncii a marcat o creștere medie de 9,9% în perioada 1965 — 1979, iar în ultimii ani de 11 — 16%, cifră mai mare decît media realizată pe economie în activitatea de construcții.

Acest ritm de creștere este rezultatul preocupării permanente a colectivului de muncitori, maiștri, tehnicieni, economiști și ingineri din „Energoconstrucția", care au căutat noi și noi căi, acțiuni și soluții pentru industrializarea și modernizarea producției și au urmărit cu insistență aplicarea și perfecționarea acestora.

Prin secția de proiectare proprie și cu ajutorul specialiștilor din șantiere s-au aplicat tehnologii noi de lucru, s-au adoptat metode de execuție moderne, eficiente, de un înalt nivel tehnic și calitativ.

Astfel, în domeniul execuției coșurilor de fum din beton s-a trecut de la realizarea primelor coșuri de 80 m înălțime din clavouri de beton, zidite bucată cu bucată pe o schelă cățărătoare (execuție proprie), la coșuri duble din beton armat cu înălțimi de pînă la 280 m, executate prin glisare cu instalații concepute, brevetate și executate prin forțe proprii. Tehnologia adoptată asigură realizarea unei calități deosebite a lucrării, eliminîndu-se complet rotirile și devierile de la verticală și atingîndu-se viteze de lucru de pînă la 4,5 m în 24 ore, la betonarea coșului exterior.

La executarea turnurilor de răcire, care la primele centrale s-au realizat cu eșafodaje din lemn pe întreaga înălțime a construcției, s-a trecut la folosirea cofrajelor pășitoare de inventar, cu consum foarte redus de materiale și cu viteze sporite de lucru. Față de primele turnuri de răcire cu tiraj natural de 3000—5000 m³/h, cu înălțimi de 30 m, cu max. 30 m diametru la bază, s-au executat ulterior turnuri de răcire de o largă diversitate, ca: turnuri cu tiraj forțat în baterii sau tip Hamon de 20 000 m³/h capacitate, turnuri de răcire cu tiraj natural cu sisteme de răcire din elemente prefabricate de beton armat, plăci de asbociment plane sau ondulate, bare precomprimate, rulouri din PVC etc., de capacități pînă la 42 000 m³/h și dimensiuni ce ajung la 110 m înălțime și peste 100 m diametru la bază.

Datorită specificului aparte al centralelor electrice: construcții industriale de înălțimi mari, cu încărcări importante la nivelele superioare, varietate mare a structurilor și a dimensiunilor, determinate de capacitatea unităților instalate, tipului de combustibil și condițiilor de teren, în general de slabă rezistență, Trustul „Energoconstrucția", în decursul celor 30 ani de activitate, a trebuit să execute o varietate foarte largă de soluții constructive cu caracter special și foarte puține lucrări tipizate.

În domeniul lucrărilor de fundații s-au executat soluții constînd din: batardouri din pămînt, căsoaie, palplanșe, chesoane de beton armat de dimensiuni mergînd pînă la 25×42 m (chesonul închis de la stația de pompare CTE Brăila, cel mai mare din țară la vremea respectivă), piloți bătuți, vibrați, din beton armat, din balast, tip Franki, coloane de beton, pereți mulați din beton armat în barete sau continui, săpături prin hidromecanizare, prin dragare, sau în marne, calcare, gresie, în cantități de ordinul milioanelor de metri cubi pentru o termocentrală; fundații de cazane și de mori, de mari dimensiuni, complicate, unele din ele foarte adînci și foarte înalte. Spre exemplu, fundațiile cazanelor de la Rovinari cu radier și grinzi puternic armate, din care se ridică structuri de rezistență înalte de 92 m, compuse din cilindri din beton armat și stîlpi metalici cu planșeu la cota 92, pe care este amplasat echipamentul auxiliar (ventilatoare, preîncălzitoare etc.) și de care este suspendat prin tiranți cazanul de 1092 t abur/h. Coșul de fum, de 250 m înălțime, este amplasat între două cazane, tronsonul pînă la cota 92, avînd rol de rezistență în structura cazanului, și peste cota 92, rol tehnologic pentru evacuarea gazelor.

În domeniul structurilor s-au executat săli de mașini cu deschideri pînă la 45 m, cu acoperișuri grele, cu poduri rulante de mare capacitate pentru grupuri de puteri mari, conducînd la dimensiuni sporite la elementele de construcție și adîncimi mari la fundare; corpuri intermediare și de buncăre cu încărcări mari la nivelele superioare (buncăre de cărbune și și degazoare la cotele 25—34 m), deci structuri voluminoase și adîncimi mari de fundare determinate și de necesitatea subsolurilor tehnologice; stații de concasoare, stații de tratare chimică a apelor, stații de descărcare a cărbunilor, gospodării de cărbune, de păcură, rezervoare de toate tipurile, îngropate, aeriene, de metal, din beton, estacade la nivelul solului, înalte sau înclinate, baraje, aducțiuni, căi ferate, poduri etc.

Putem afirma că în componența centralelor termoelectrice se pot regăsi aproape toate tipurile de construcții industriale, datorită specificului deosebit de complex al acestor investiții.

Confruntaţi cu această multitudine de tipuri de lucrări industriale şi soluţii constructive şi determinaţi de necesitatea sporirii capacităţii de producţie în condiţiile unor volume de lucrări anuale în continuă creştere şi a unor sarcini de sporire a productivităţii muncii, constructorii din Trustul „Energoconstrucţia" au militat pentru mecanizarea lărgită a proceselor de execuţie, industrializarea lucrărilor, pentru reducerea continuă a consumului de materiale folosite.

În privinţa mecanizării lucrărilor, în afara preparării integrale a betoanelor în fabrici de beton semiautomate, de care s-a mai amintit, s-a realizat mecanizarea completă a terasamentelor şi a transportului acestora prin excavatoare, buldozere, autoîncărcătoare şi autobasculante de mare capacitate, mecanizarea completă a transportului pe verticală cu macarale fixe sau mobile de pînă la 1000 tm, mecanizarea transportului cimentului vrac, dezvoltarea micii mecanizări prin dispozitive care să uşureze şi să mărească eficienţa muncii în ateliere şi pe şantiere.

Avem în vedere ca în anii următori să se asigure dotarea cu utilaje de ridicat si de transport de mare capacitate ca : macarale Coles, PH, BK 1000, MT 125, macarale portal de 30 t, autopompe de beton, trailere şi remorchere ; mecanizarea completă a tuturor operaţiilor de încărcare şi descărcare a materialelor în depozite şi la punctele de lucru, executarea unui număr sporit de piese de schimb prin autoutilare.

Pe linia industrializării construcţiilor si a economiei de materiale deficitare s-a trecut la executarea structurilor prin glisare şi prefabricare, ajungîndu-se la reducerea consumului de cherestea la milion producţie de la 100 m^3/mil. la 1,65 m^3/mil. Din volumul total de beton armat pus în operă, ponderea betonului prefabricat a crescut de la mai puţin de 1% în 1949—1950 la 3% în 1960 şi la 15% în 1979 ; o bună parte din acesta fiind proiectat şi executat în atelierele proprii.

Am insistat şi vom insista în continuare pentru transformarea activităţii de construcţii într-o activitate cu un puternic caracter industrial, de montaj al preansamblelor pregătite în ateliere specializate, prin utilizarea la maximum a prefabricatelor cu folosirea de oţel-beton de mărci superioare, betoane de rezistenţă mărită, precomprimate, prin eliminarea proceselor umede atît la îmbinări cît şi la finisaje, prin adoptarea de soluţii de închideri uşoare şi din materiale cu consum redus de energie, prin extinderea tipizării unor obiecte sau părţi de obiecte la centralele cu echipamente româneşti, prin elaborarea de fişe tehnologice şi de proiecte tehnologice şi de execuţie complete pentru principalele obiective din cadrul termocentralelor, prin organizarea bazelor proprii de producţie astfel încît să se asigure integral necesarul de prefabricate, construcţii şi confecţii metalice, obiecte de organizare de şantier, dotare şi unele piese de schimb.

Adăugînd la preocuparea pentru ridicarea nivelului tehnic al lucărilor străduinţa de a perfecţiona organizarea producţiei, ridicarea nivelului de calificare al muncitorilor, extinderea aplicării acordului global, creşterea gradului de disciplină, introducera prelucrării automate a datelor prin oficiu propriu de calcul dotat cu calculatoare electronice, la care se leagă prin teletransmisie toate subunităţile, preocuparea pentru ridicarea eficienţei economice a întregii activităţi, analiza permanentă a tuturor fenomenelor din viaţa întreprinderii — atît în cadrul colectivelor de conducere cît şi prin acţiuni speciale urmate de adoptarea şi aplicarea măsurilor celor mai potrivite—, s-a obţinut îmbunătăţirea continuă a situaţiei economico-financiare. Astfel, s-a ajuns să se depăşească sarcina de beneficiu an de an, să se înregistreze subnormative la materiale, iar viteza de rotaţie să fie accelerată cu 1—2 zile în fiecare an.

Evoluţia ascendentă a activităţii trustului în perioada de 30 ani de la înfiinţarea sa se poate constata şi în alte manifestări, ca spre exemplu :

— în privinţa calităţii lucrărilor, s-a ajuns la eliminarea problemelor deosebite, rezultatele probelor de betoane şi de suduri sînt din ce în ce mai bune, dovedindu-se exigenţă atît în controlul calităţii, cît şi în efectuarea operativă şi eficientă a eventualelor remedieri necesare ;

— în privinţa protecţiei muncii, atît numărul de accidente cît şi coeficienţii de frecvenţă şi de gravitate au scăzut în permanenţă ;

— în privinţa organizărilor de şantier şi a asigurării condiţiilor de muncă şi de viaţă, pe parcursul anilor acestea s-au perfecţionat treptat, trecînd de la construcţiile din zidării, cherestea sau stufit la baracamente demontabile, cu un grad de confort sporit.Construcţiile sociale asigură condiţii igienico-sanitare optime personalului muncitor din construcţii, acesta fiind cazat în proporţie tot mai mare în apartamente la blocuri. Astfel s-au asigurat condiţii pentru cazarea a 20 000 de persoane în incinta şantierelor si a 8200 familii în oraşe, din care

circa 4800 şi-au stabilit domiciliul permanent. Tot prin efortul trustului „Energoconstrucţia" s-au construit locuinţe proprietate personală pentru peste 400 de oameni ai muncii din Ministerul Energiei Electrice, din care 120 din „Energoconstrucţia".

După 30 ani de activitate, urmărind în permanenţă realizarea sarcinilor rezultate din obiectivele trasate de conducerea de partid şi de stat şi sub continua îndrumare a organizaţiilor de partid din şantiere, a comitetelor judeţene de partid şi al Municipiului Bucureşti, putem afirma că trustul „Energoconstrucţia" a ajuns o unitate mare şi puternică, bucurîndu-se de un prestigiu deosebit în rîndul constructorilor din ţară, al cărei bun renume s-a impus şi la lucrările ce le execută în străinătate (Banias şi Alep în Siria).

Pentru activitatea depusă şi pentru frumoasele rezultate obţinute, oamenilor muncii din Trustul „Energoconstrucţia" li s-au acordat numeroase distincţii, ca : ordine şi medalii ale Republicii Socialiste România, diplome de fruntaşi, steaguri de producţie. Trustul „Energoconstrucţia" a fost decorat în două rînduri : cu Ordinul Muncii clasa II în anul 1973 şi Ordinul Muncii clasa III în 1974.

Prin capacitatea de producţie a şantierelor sale, a bazelor de producţie industrială, a atelierelor de proiectare, a oficiului de calcul, prin priceperea şi ataşamentul colectivelor sale de ingineri, economişti, tehnicieni, maiştri şi muncitori calificaţi, Trustul „Energoconstrucţia" dispune de atributele necesare şi se angajează să realizeze cu succes sarcinile pe care partidul şi statul le pune în faţa sectorului energetic.

30 de ani de activitate de montaj centrale electrice în România

Dr. ing. Gh. Miliţescu,
directorul Trustului „Energomontaj"

În raportul asupra Planului de electrificare a ţării prezentat la şedinţa plenară a C.C al P.M.R. din 26 octombrie 1950, care stabilea obiectivele urmărite prin electrificarea ţării, se consemna : „Pentru realizarea acestui program s-au înfiinţat şi organizat întreprinderi de proiectare, construcţii şi montaje, specializate în domeniile respective. Ele se dotează în prezent cu utilajul necesar".

La 1 iulie 1949 ia fiinţă Întreprinderea „Electromontaj", care, printre sarcinile sale de producţie, o avea şi pe aceea de a monta echipamentele şi instalaţiile mecanice, electrice şi de automatizare ale centralelor electrice.

În cei treizeci de ani care s-au scurs de la acest eveniment important în activitatea de montaj a centralelor electrice din România, cadrul organizatoric în care s-a desfăşurat această activitate a cunoscut o continuă dezvoltare şi perfecţionare. După ce, în mai 1953, Intreprinderea „Electromontaj" devine Trustul „Electromontaj", la începutul anului 1957 apare, în cadrul acestui trust, ca unitate de sine stătătoare Grupul de şantiere montaje centrale electrice. Sub această formă funcţionează pînă în luna mai 1962, cînd grupul de şantiere devine Întreprinderea de montaje centrale electrice.

Anul 1965 a adus activităţii de montaj centrale electrice denumirea de „Energomontaj", prin înfiinţarea întreprinderii cu acest nume, cunoscut în prezent atît în energetica ţării, cît şi de numeroşi parteneri din străinătate.

Transformarea întreprinderii în trust, în anul 1973, creează condiţiile organizatorice de a ridica activitatea de energomontaj pe o treaptă superioară.

Indiferent de denumirea sub care s-a desfăşurat, activitatea de montaj centrale electrice în ţara noastră a fost o activitate de sine stătătoare, care practic a condus la instalarea integrală a capacităţilor energetice din sistemul energetic al României, din 1949 şi pînă astăzi.

Începutul a fost făcut de montarea grupurilor electrogene Diesel, cu puteri unitare pînă la 3600 CP, unităţi energetice cu durată scurtă de instalare, menite să satisfacă cerinţele de dezvoltare a industriei româneşti în condiţiile anilor 1950—1960, în toate colţurile ţării. Numai în primii 15 ani, din cei 30 de ani, s-au instalat aproape 200 de grupuri Diesel, însumînd o putere de aproape 200 000 CP (numărul şi puterea menţionată se referă numai la activitatea de montaj, şi nu la puterea disponibilă în sistem).

Primele două centrale termoelectrice realizate în cadrul planului de electrificare a țării noastre — Ovidiu II și Doicești — cu grupuri de putere unitară de 12 MW, respectiv 20 MW, funcționînd pe cărbune, au constituit începutul unui drum care a condus la instalarea, pînă la începutul anului 1979, a peste 170 grupuri, însumînd o putere instalată de 10 165 MW în centrale termoelectrice și de termoficare. În toți acești ani, organizația de montaj a realizat montarea integrală a echipamentului și instalațiilor mecanice, electrice și de automatizare a acestora.

Punerea în funcțiune a Centralei hidroelectrice Dobrița, echipată cu un grup de 1 MW, marchează începutul unui vast program de punere în valoare a potențialului hidroenergetic al țării noastre. Cele peste 100 de grupuri hidroenergetice, însumînd o putere totală de 3043 MW, au contribuit la realizarea puterii instalate de peste 13 000 MW în centralele electrice ale sistemului energetic național.

În afara capacităților producătoare de energie electrică, sînt de menționat și celelalte capacități energetice puse în funcțiune de către unitatea „Energomontaj" din țara noastră, cum ar fi:

— 75 cazane de apă fierbinte cu o capacitate de 6650 Gcal/h;
— 30 cazane de abur industrial cu o capacitate de 3670 t abur/h;
— 13 compensatoare sincrone cu o capacitate de 89 MVAr.

Toate aceste realizări nu ar fi fost posibile fără executarea lucrărilor de specialitate de către institutele de proiectare ISPE și ISPH, de unitățile de construcții — Trustul „Energoconstrcția" (TEC) și Trustul de construcții hidroenergetice (TCH) —, fără coordonarea permanentă a întregii activități de realizare a centralelor electrice de către Ministerul Energiei Electrice. De menționat și aportul pe care l-au adus în realizările Trustului „Energomontaj" furnizorii de echipamente, atît din țară cît și din străinătate, precum și unități de specialitate ale altor ministere.

Dezvoltarea activității de montaj centrale electrice în România, în afara diferitelor etape organizatorice generale menționate mai sus, a fost marcată și de progresul tehnic realizat în domeniul energetic, în principal de creșterea puterii unitare și a parametrilor grupurilor energetice instalate. Din acest punct de vedere, sînt de menționat următoarele etape mai importante:

— la centrale termoelectrice, punerea în funcțiune:
- în anul 1959 a primului grup de 50 MW (CTE Paroșeni);
- în anul 1963 a primului grup de 100 MW (CTE Luduș-Iernut);
- în anul 1964 a primului grup de 150 MW (CTE Paroșeni);
- în anul 1966 a primului grup de 200 MW (CTE Luduș-Iernut);
- în anul 1967 a primului grup de 315 MW (CET Craiova-Işalnița);

— la centrale hidroelectrice, punerea în funcțiune;
- în anul 1960 a Centralei hidroelectrice Bicaz;
- în anul 1970 a Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier;
- în anul 1972 a Centralei hidroelectrice Lotru.

O influență deosebită asupra activității de montaj centrale electrice a avut-o asimilarea de către industria românească a echipamentului energetic de mare putere, marcată de punerea în funcțiune a grupurilor de 50 MW de la CET Palas, de 330 MW de la CTE Rovinari, de 150 MW de la CET Palas, de 176 MW de la SHEN Porțile de Fier.

Harta din figura 1 și graficul din figura 2 ilustrează realizările menționate mai sus.

În ultimii ani, trustul și-a extins activitatea prin realizarea unor lucrări în străinătate, fie prin acordarea de asistență tehnică, fie prin execuția de lucrări. În această direcție sînt de menționat:

— montarea canalelor de aer și gaze la cazanele de 2000 t/h în R.F.G., la termocentala Weissweiller;

— montarea conductelor în centrale electrice în R.F.G., la centralele Moorburg, Philippsburg, Nekarwestheim;

— executarea de lucrări de verificări și probe în centrale termo și nuclearoelectrice din R.F.G. (Biblis, Hamburg, Bremen, Ofleben);

— montarea cazanului de 100 t/h în Senegal, la Dakar;

— montarea conductelor în centrale termo și nuclearoelectrice în Austria (termocentrala Theis și CNE Zwentendorf);

— asistență tehnică la montaj la CTE Alexandria și CTE Hamrawein din R.A.E.;

— montarea la cheie a părții electrice și AMC la CET Banias din Siria.

Producția globală de construcții-montaj realizată a avut o dinamică ascendentă, înregistrînd ritmuri de creștere anuală de 12%. Creșterile importante de producție din ultimii zece ani au fost realizate pe seama creșterii productivității muncii, care a înregistrat de asemenea ritmuri înalte (în ultimii zece ani în medie cu 15% anual).

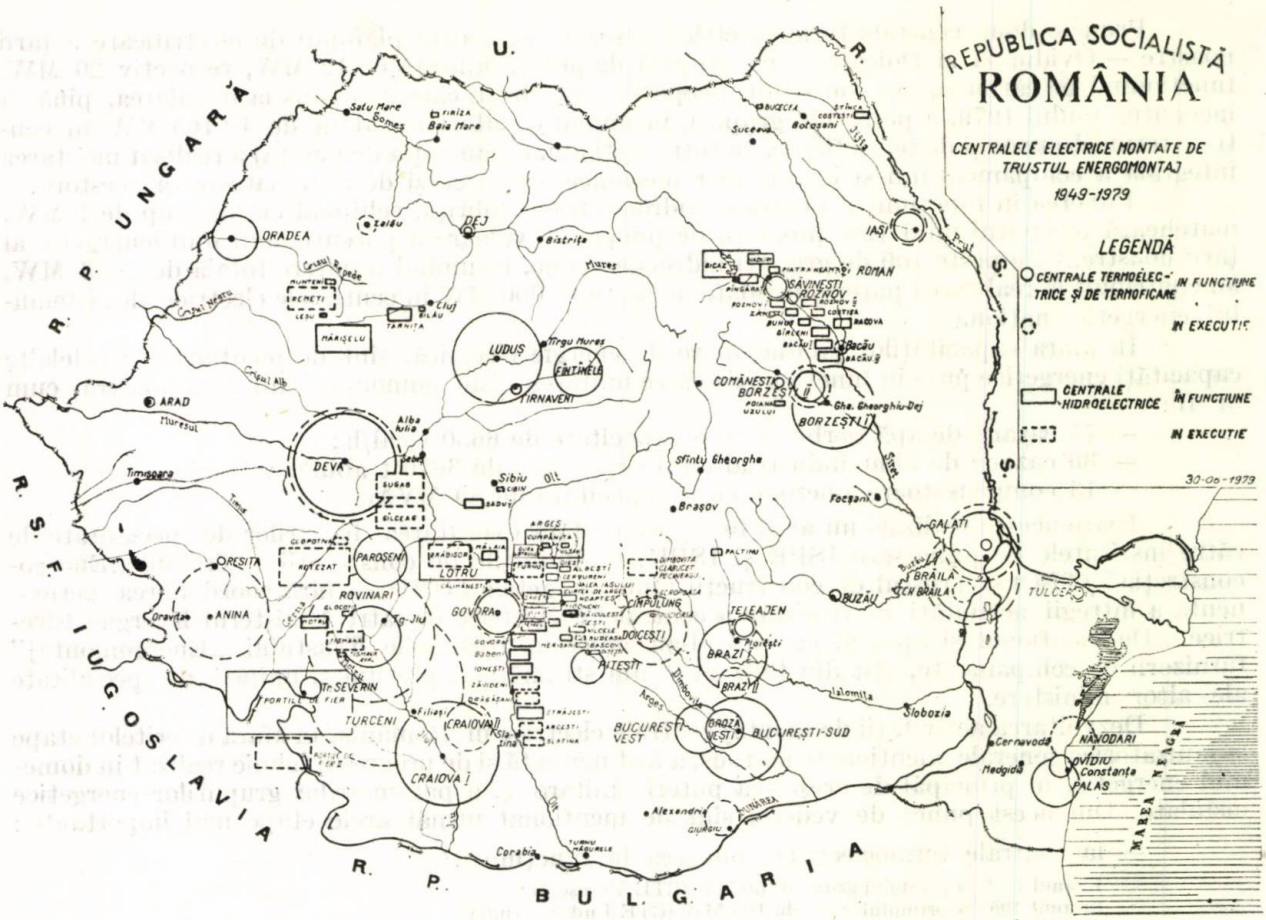

REPUBLICA SOCIALISTĂ
ROMÂNIA
CENTRALELE ELECTRICE MONTATE DE TRUSTUL ENERGOMONTAJ
1949-1979
LEGENDĂ
CENTRALE TERMOELECTRICE ȘI DE TERMOFICARE
IN FUNCTIUNE
IN EXECUTIE
CENTRALE HIDROELECTRICE
IN FUNCTIUNE
IN EXECUTIE
30-06-1979
R. P. UNGARĂ
R. S. F. IUGOSLAVIA
R. P. BULGARIA
ORADEA
DEJ
IAȘI
ROMAN
SĂVINEȘTI
ROZNOV
LUDUȘ
FÎNTÎNELE
TÎRNAVENI
COMĂNEȘTI
BORZEȘTI II
BORZEȘTI I
ARAD
DEVA
Sibiu
Brașov
Focșani
GALAȚI
BRĂILA
TULCEA
BUZĂU
RESIȚA
PAROȘENI
LOTRU
ROVINARI
ANINA
GOVORA
CÎMPULUNG
TELEAJEN
DOICEȘTI
PITEȘTI
BRAZI I
BRAZI II
Tr. SEVERIN
TURCENI
CRAIOVA II
CRAIOVA I
BUCUREȘTI VEST
BUCUREȘTI-SUD
Slobozia
Cernavodă
NĂVODARI
OVIDIU
Constanța
PALAS
Medgidia
Alexandria
Corabia
MAREA NEAGRĂ

Fig. 1

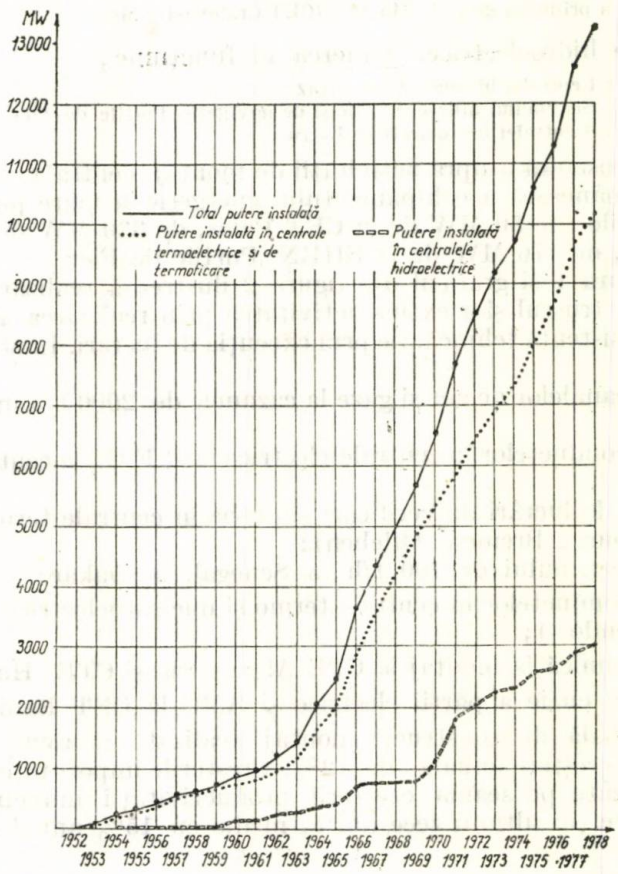

MW
13000
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
Total putere instalată
Putere instalată în centrale termoelectrice și de termoficare
Putere instalată în centralele hidroelectrice
1952 1954 1956 1958 1960 1962 1964 1966 1968 1970 1972 1974 1976 1978
1953 1955 1957 1959 1961 1963 1965 1967 1969 1971 1973 1975 1977

Fig. 2

Pentru obținerea unor astfel de creșteri, activitatea de montaj centrale electrice a cunoscut permanent înnoiri în toate componentele sale.

Structura organizatorică a actualului trust a suferit transformări și perfecționări continue pentru realizarea obiectivului principal — punerea în funcțiune a obiectivelor energetice prevăzute în plan la termen și înainte de termen — realizînd în același timp indicatori de plan corespunzători. De remarcat în acest domeniu specializarea unităților și subunităților trustului în diverse domenii.

Începutul a fost făcut prin înființarea șantierului de montaj instalații de automatizare, probe și încercări funcționale — șantier care mai tîrziu a preluat și execuția instalațiilor electrice.

Ulterior au fost înființate : grupul de șantiere montaj centrale hidroelectrice, șantierul de montaj turbine, șantierul de lucrări speciale, șantierul de lucrări externe etc., ceea ce a contribuit în mod substanțial la buna desfășurare a activității trustului.

Specializarea s-a extins de asemenea la nivelul loturilor și chiar al echipelor (pe tipuri de instalații sau subansambluri).

Industrializarea lucrărilor de montaj s-a dezvoltat, pe de o parte, prin crearea unei secții de producție industrială, destinată executării produselor de serie mare sau de tehnicitate ridicată, iar pe de altă parte prin organizarea la șantiere a platformelor necesare confecționării unor preansamble de echipamente și instalații a căror masă și dimensiuni de gabarit să nu fie limitate decît de capacitatea de ridicare a instalațiilor de ridicat sau de posibilitățile de introducere a acestor preansamble la locul de montaj.

Această activitate, organizată în anul 1964, s-a dezvoltat în ritm susținut, obținîndu-se la sfîrșitul anului 1978 o producție anuală de 214 milioane lei, concretizată printre altele prin 6967 t confecții metalice, 6383 t preansamble de conducte și 5573 t preansamble ale sistemelor de presiune ale cazanelor de abur.

În secția de producție industrială se realizează anual volume importante de confecții metalice — circa 600 t părți de canale de aer și gaze, circa 350 t elemente de conducte bercluite, circa 400 t stelaje pentru cabluri, 150 t suporturi pentru conducte, peste 25 000 flanșe etc. Această latură a activității de producție industrială s-a extins în ultimul an în atelierele existente la șantierele Craiova și Deva.

Dezvoltarea activității de producție industrială a presupus, printre altele, executarea, prin autodotare, a unui mare număr de utilaje și dispozitive specializate, dintre care se pot cita : mașinile pentru bercluit conducte, mașini de tăiat țevi, mașini de debitat profile cu pereți subțiri, mașini pentru roluit flanșe, mașina pentru îndreptat platbandă, instalația pentru zincarea la cald și electrolitică etc.

Mecanizarea lucrărilor de montaj s-a dezvoltat atît ca urmare a necesității execuției unor lucrări din ce în ce mai complexe și mai dezvoltate, în special pe verticală, cît și ca urmare a necesității de a crește în mod substanțial productivitatea muncii, reducînd în același timp efortul fizic depus de muncitori.

Creșterea gradului de mecanizare a lucrărilor de montaj s-a făcut în primul rînd pe seama dotării cu utilajele necesare, iar în paralel cu această acțiune s-a intensificat gradul de folosire a utilajelor prin folosirea la întreaga lor capacitate și în mai multe schimburi. Pentru aceasta, printre alte acțiuni, s-a organizat o bază de reparații capabilă să execute reparațiile utilajelor și dispozitivelor din dotare, centralizat și la un înalt grad de tehnicitate.

Tot pentru creșterea gradului de mecanizare a execuției lucrărilor de montaj s-a conceput și realizat un important număr de utilaje, dispozitive și scule, atît prin proiectele de tehnologie de montaj, cît și prin inițiativa muncitorilor și cadrelor tehnice din trust. Dintre acestea se pot cita : macarale-capră de diverse capacități (30, 16, 5 t), dispozitive pentru ridicarea tamburelor cazanelor de abur, dispozitive pentru preasamblarea și montarea cazanelor, instalații de ridicat compensatoare sincrone, mașini de alezat găuri la cuplele turboagregatelor, mașini de torcretat, instalații de transportat materiale și persoane pe plan înclinat etc.

Pentru ridicarea pe o treaptă superioară a organizării lucrărilor de montaj, prin realizarea unor lucrări de organizare de șantier adecvate și prin elaborarea și aplicarea unor tehnologii de montaj eficiente, în diferite etape de organizare a unității de montaj, s-au creat condiții pentru obținerea realizărilor arătate mai sus.

Lucrările de organizare de șantier au progresat de la etapă la etapă, în scopul facilitării execuției lucrărilor de bază, în condițiile consumului minim de fonduri de organizare de șan-

tier şi de forţe de muncă pentru realizarea acestora. Sînt de menţionat următoarele direcţii principale urmate în execuţia lucrărilor de organizare de şantier:

— tipizarea atît a lucrărilor în ansamblu pe tipuri de şantiere (pentru centrale echipate cu grupuri de 330 MW, pentru centrale hidroelectrice de mare cădere sau fluviale), cît şi a diferitelor componente ale acestor organizări (ateliere, magazii, laboratoare, gospodării de lot etc.);

— folosirea în măsură din ce în ce mai mare a obiectelor de organizare de şantier demontabile sau refolosibile (în prezent acestea reprezintă 90% din totalul obiectelor din categoria cărora fac parte);

— introducerea unor elemente spaţiale (tip barăci şef echipă sau tip barăci TUG) pentru magazii, vestiare, birouri, spălătoare sau chiar mici ateliere;

— tipizarea şi prefabricarea instalaţiilor electrice, de alimentare cu gaze, oxigen şi acetilenă etc.;

— tipizarea şi prefabricarea unor elemente de platforme şi căi de rulare pentru macarale.

Pentru folosirea mai judicioasă a fondurilor de organizare de şantier, acolo unde este posibil se folosesc în comun cu alte organizaţii de execuţie de pe şantier diverse obiecte de organizare de şantier, cum ar fi: posturi de transformare, depozite de combustibil, centrale termice provizorii, instalaţii de alimentare cu apă şi canalizare, drumuri, birouri centrale, cantine, puncte alimentare etc.

Tehnologiile de montaj s-au perfecţionat şi înnoit odată cu caracteristicile tehnice şi performanţele echipamentelor şi instalaţiilor montate şi ca urmare a cerinţelor mereu crescînde privind reducerea duratelor de execuţie, creşterea productivităţii muncii, realizarea lucrărilor în condiţii de economisire a energiei şi materialelor mari consumatoare de energie etc.

Volumul mare de echipamente şi instalaţii ce trebuie transportat, manipulat (mai ales pe verticală) şi montat a condus la perfecţionarea concepţiei de mecanizare a acestor lucrări.

Folosirea macaralelor-capră cu capacităţi pînă la 50 t şi deschideri pînă la 42 m, a macaralelor-turn pînă la 1000 tfm şi, în ultima vreme, a automacaralelor şi macaralelor mobile de mare capacitate, 60—127 t, s-a dezvoltat continuu. Pentru folosirea eficientă a instalaţiilor de ridicat în general şi pentru creşterea gradului de mecanizare a lucrărilor, s-a trecut la folosirea a diferite tipuri de macarale pentru montajul unui anumit agregat în diferite faze de dezvoltare a acestuia. Exemplul cel mai ilustrativ în acest domeniu este mecanizarea lucrărilor la cazanele de 1035 t abur/h pe lignit, la care se folosesc în serie sau pe diferite fronturi de montaj macarale BK 1000, BK 625, BK 600, MTA 125, automacarale PH 127 şi tachelaje.

Dezvoltarea pe verticală a instalaţiilor a impus de asemenea perfecţionarea tehnologiilor de transport al materialelor şi persoanelor pe verticală cu ascensoare, boburi, macarale tip „Pionier" sau „fereastră" etc. Tot din aceste considerente, şi mai ales pentru creşterea gradului de securitate a muncii, s-au conceput şi realizat amenajări de acces la punctele de lucru, platforme de lucru etc., care, montate la sol, să permită execuţia lucrărilor la înălţime şi suprapuse în condiţii de securitate.

Creşterea volumului lucrărilor de montaj al conductelor forţate şi puţurilor verticale la amenajările hidroenergetice a impus găsirea unor tehnologii şi sisteme de mecanizare tipizate, care să conducă la execuţia mai rapidă a lucrărilor şi în condiţii de securitate sporită a muncii în subteran. Tehnologiile adoptate au necesitat proiectarea şi realizarea prin autodotare a unor cărucioare, platforme, instalaţii de iluminat, de ventilaţie şi semnalizare adecvate, progresul realizat în acest domeniu fiind de remarcat.

Cea mai importantă operaţie de montaj fiind asamblarea prin sudură a diferitelor componente ale echipamentelor şi instalaţiilor energetice, atît prin volum cît şi prin cerinţele tehnice impuse de parametrii acestora, s-a acordat o atenţie deosebită tehnologiilor de execuţie a acestei operaţii şi mai ales tehnologiilor de verificare şi control. În acest sens a crescut volumul lucrărilor la care se aplică tehnologiile moderne, ca sudura în mediu de gaze inerte (argon şi CO_2), sudura semiautomată, tratamentul termic al sudurilor cu curenţi de medie şi înaltă frecvenţă sau cu rezistoare etc., controlul cu izotopi radioactivi şi ultrasunete etc.

Tehnologii noi au apărut ca necesare şi pentru montarea instalaţiilor electrice şi de automatizare, cum ar fi: desizolarea termică a conductoarelor, montarea papucilor de cabluri prin presare, executarea legăturilor la circuitele secundare prin roluire, fixarea construcţiilor metalice ale elementelor de construcţii prin dibluri, executarea terminalelor la cabluri cu răşini sau cu benzi etc.

Ca un element de bază al tehnologiilor noi folosite poate fi considerată concepţia de creştere continuă a industrializării lucrărilor de montaj prin prefabricarea instalaţiilor şi preasamblarea echipamentelor. Platformele şi atelierele din şantiere au fost transformate în adevărate secţii de producţie industrială.

Pentru a face față cerințelor mereu crescînde ale necesității introducerii progresului tehnic în activitatea de montaj, s-a dezvoltat în cadrul Trustului „Energomontaj" și *activitatea de concepție*. Serviciile de organizare de șantier și de tehnologie de montaj s-au transformat în secție de proiectare cu sarcini multiple în acest domeniu. Începînd cu colaborarea cu proiectanții de echipamente și ai centralelor electrice în vederea punerii de acord a concepției acestora cu tehnologiile posibil de aplicat, continuînd cu proiectarea lucrărilor de organizare de șantier, a tehnologiilor de montaj, a dispozitivelor și utilajelor specializate, a detaliilor de execuție și terminînd cu acordarea de asistență tehnică atît diferitelor compartimente din trust cît și șantierelor, activitatea de concepție din trust formează un tot unitar aservit activității direct productive. De menționat, în acest domeniu, concepția potrivit căreia cadrele care organizează și conduc producția trebuie să-și aducă aportul lor la introducerea și aplicarea de noi tehnologii și perfecționarea celor existente, concepție care a condus la introducerea programelor tehnologice care se elaborează de aceste cadre tehnice.

Tot pe linia introducerii progresului tehnic este de menționat introducerea și dezvoltarea aplicării tehnicii de calcul în activitatea trustului, înființarea *Oficiului de calcul*. În prezent, acesta, prin stațiile de calcul de la grupuri și din șantiere și instalațiile de teletransmitere a datelor, asigură prelucrarea automată a datelor în domeniul evidenței materialelor și a fondurilor fixe, elaborarea documentațiilor economice și a planului de aprovizionare tehnico-materială, programarea și urmărirea montajului echipamentelor, întocmirea evidenței contabile etc.

Progrese importante s-au obținut în *perfecționarea pregătirii personalului*, avînd în vedere perfecționarea echipamentelor și instalațiilor pe care acesta este chemat să-l monteze sau să-l manipuleze.

Începînd cu recrutarea cadrelor, continuînd cu calificarea muncitorilor necalificați, cu specializarea muncitorilor calificați prin policalificare, prin instruirea lor asupra folosirii unor tehnologii sau folosirii unor utilaje noi, prin perfecționarea personalului tehnico-economic în centrele de instruire și terminînd cu participarea muncitorilor în școlile de maiștri și a inginerilor și economiștilor la cursurile postuniversitare, se desfășoară o acțiune amplă de creștere a volumului de cunoștințe și deprinderi ale întregului personal.

Ca o realizare deosebită în acest domeniu este de menționat Centrul de instruire profesională a muncitorilor de pe platforma București-Sud, centru dotat cu săli de clasă, ateliere, poligoane de instruire, spații de cazare, bibliotecă, club etc., conceput și realizat prin forțe proprii. După acest model se urmărește realizarea unor centre similare la marile șantiere ale trustului — Turceni, Anina, Porțile de Fier II.

Asigurarea condițiilor de viață și de muncă a întregului personal antrenat în activitatea de montaj centrale electrice a cunoscut o evoluție mereu ascendentă. A crescut numărul muncitorilor cazați în apartamente confortabile, s-au îmbunătățit condițiile de transport de la locul de cazare la locul de muncă, folosindu-se autobuze în locul camioanelor cu prelată. În marea majoritate a șantierelor funcționează cantine și puncte alimentare. În punctele izolate, mai ales prin grija organizațiilor de construcții, funcționează dispensare, puncte sanitare, școli, creșe, grădinițe etc.

Prin măsurile tehnice și organizatorice luate, deși gradul de periculozitate a execuției lucrărilor a crescut, s-au îmbunătățit și condițiile de protecție a muncii, lucările executîndu-se cu un grad de securitate sporit.

Pentru rezultatele obținute în cei treizeci de ani de activitate, numeroși oameni ai muncii din cadrul Trustului „Energomontaj" au fost distinși cu ordine și medalii ale Republicii Socialiste România și cu titlul de fruntași în producție.

Tot pentru aceste rezultate, Trustul „Energomontaj" a fost decorat de două ori cu Ordinul Muncii (cl. II în 1973 și cl III în 1976), primind și titlul de fruntaș în întrecerea socialistă pe ramură.

Sarcinile de viitor pentru Trustul „Energomontaj" sînt din ce în ce mai mari, ele rezultînd din politica energetică a partidului și statului. Punerea în aplicare a programului de creștere a producției de energie electrică produsă în centrale hidroelectrice, centrale termoelectrice pe cărbune și în centrale nuclearoelectrice necesită realizarea unui volum important de investiții.

Realizările obținute în cei treizeci de ani de către oamenii muncii din Trustul „Energomontaj" sînt o garanție că aceste sarcini vor fi realizate cu succes.

Realizări tehnice originale în domeniul mecanizării lucrărilor de construcții, aplicate de Trustul „Energoconstrucția"

Ing. Cornel Roșca

Colectivul de oameni ai muncii din cadrul Trustului „Energoconstrucția" a obținut o serie de rezultate remarcabile acționînd în permanență pentru creșterea eficienței economice și introducerea tehnicii noi pe șantierele trustului. În cele ce urmează se prezintă cîteva realizări mai importante în domeniul mecanizării lucrărilor de construcții ale centralelor termoelectrice și de termoficare.

O realizare originală de mare importanță a specialiștilor trustului a fost instalația de glisare pentru coșuri de fum. Reunind un număr de patru invenții, această instalație a obținut medalia de aur la Salonul de invenții de la Nürenberg în anul 1971, autorii ei fiind : ing. I. Brad, ing. V. Comodzinschi, ing. C. Roșca și maistrul M. Stadler.

De la data omologării invenției pînă în prezent, autorii au adoptat, în completare, soluții noi, care au ridicat mult performanțele instalației, ajungîndu-se la patru game de dimensiuni cuprinzînd toate tipurile de coșuri de fum ce se execută de către TEC. Instalația realizată în prezent, pe lîngă creșterea economiei la consumurile de metal de 10—12%, asigură un indice de refolosire mai ridicat și un grad mai mare de utilizare, corelîndu-se totodată cu noul standard de tipodimensiuni ale coșurilor de fum.

La finele anului 1978, un colectiv format din : ing. Șt. Lăcătuș, ing. C. Roșca, ing. V. Comodzinschi, ing. I. Trotter, proiectant Gh. Atanasiu, au predat proiectul de inovație „Instalație pentru glisarea de la radier a coșurilor de fum cu soclu", inovație avizată favorabil și care urmează să se aplice la glisarea coșului de fum de la CTE Anina.

Prin aplicarea noii tehnologii se elimină executarea prin cofraje pășitoare a soclului, obținîndu-se o productivitate sporită și importante economii de materiale.

Avantajele mai importante ale instalațiilor de glisare sînt : construcție simplă și robustă, ușurință de montare și demontare, performanțe de execuție la nivelul celor mai perfecționate instalații de acest gen.

Astfel, se pot realiza coșuri de fum cu înălțimi pînă la 300 m, atingîndu-se viteza maximă de lucru de 5 m/zi.

Ca performanțe actuale în domeniul acestor realizări este de menționat glisarea a două coșuri de fum de 280 m de la Centrala termoelectrică Turceni, cele mai înalte construcții din țară.

Un al doilea domeniu de activitate în care s-au obținut realizări importante este construcția turnurilor de răcire, la care s-a omologat și brevetat o serie de tehnologii și dispozitive originale.

Construcția pînzei hiperbolice din beton armat se realizează în prezent cu un set de cofraje pășitoare conceput și experimentat în colaborare cu INCERC, avînd caracteristici superioare față de vechiul tip de cofraje.

Prin aplicarea noii soluții se obțin o serie de avantaje importante, dintre care :

— creșterea vitezei de execuție de la 0,75 la 1,50 m/zi ;
— reducerea consumului de metal cu 32% ;
— reducerea consumului de manoperă cu 35%.

Ultimele preocupări ale specialiștilor trustului în domeniul realizării turnurilor de răcire au fost concretizate recent în propunerea de inovație „Instalație de glisare a turnurilor de răcire", care, avizată favorabil, urmează să fie aplicată la glisarea unor turnuri de răcire de 7000 m³/h, estimîndu-se o productivitate sporită cu 80% față de cofrajele pășitoare și economii apreciabile. Autorii acestei soluții sînt : ing. Stoica Tit-Liviu, ing. Șt. Lăcătuș, ing. V. Comodzinschi, ing. C. Roșca, ing. I. Trotter și proiectant Gh. Atanasiu.

Realizarea izolației interioare cu bitum-latex a turnurilor de răcire a pus, în urmă cu 10—12 ani, probleme dificile din punctul de vedere al tehnologiei de aplicare a izolației și al dispozitivelor necesare.

O primă soluție originală a fost realizarea unei nacele de formă specială, adaptată formei circulare variabile a secțiunii turnului, manevrată din exterior cu ajutorul unui troliu electric.

A doua etapă în evoluția tehnologiei de execuție a izolației anticorosive la turnurile de răcire a fost marcată în anul 1975, de realizarea unei instalații moderne cu parametri constructivi superiori, avînd o productivitate sporită și asigurînd un grad superior de siguranță în exploatare.

Noua instalație, de asemenea brevetată ca invenție, este concepută pentru a putea fi utilizată la toate tipurile de turnuri de răcire ce se realizează în prezent, putînd fi adaptată și pentru reparații la turnurile vechi.

În urma colaborării cu ISPE (proiectantul de rezistență al turnurilor de răcire) s-a realizat aceeași configurație a coronamentului superior la toate turnurile de răcire ce se proiectează, asigurîndu-se în acest mod reutilizarea instalațiilor de executare a izolațiilor interioare la turnuri de capacități diferite.

O altă problemă tehnologică a turnurilor de răcire — realizarea sistemului de răcire propriu-zis — a cunoscut, de asemenea, evoluții spectaculoase în ceea ce privește materialele

folosite și creșterea eficienței economice. Astfel se pot delimita trei faze în această evoluție :

— în perioada 1960—1973, soluția aplicată a fost folosirea unor plăci plane de azbociment, așezate pe grinzile sistemului de răcire ;

— în perioada 1973—1976 s-a introdus folosirea pachetelor de plăci ondulate din azbociment, care, avînd o suprafață mai mare, asigură un schimb de căldură superior.

De asemenea, s-a realizat o importantă reducere a consumului de metal, prin îmbinarea plăcilor de azbociment cu piese din material plastic.

Noul sistem de răcire este realizat din rulouri de material plastic, prezentînd un cost redus cu 34% față de sistemul precedent și o durată de execuție mai mică cu 40%.

Un al treilea aspect de îmbunătățire în domeniul mecanizării lucrărilor pe șantierele TEC este și crearea de noi dispozitive pentru transportul cimentului la stațiile de betoane.

Dispozitivele de descărcare a cimentului din silozurile de 81 t sau 250 t ale stațiilor de betoane au ridicat în permanență probleme în exploatare, prin uzura rapidă, producerea de stagnări în funcționare, înfundări ale conductelor de transport.

În urma unor studii efectuate de specialiștii secției de proiectare a TEC și a consultării unui vast material de specialitate, în special lucrări ale savantului Henry Coandă, s-a ajuns la concluzia că soluția optimă în realizarea dispozitivelor de descărcare a cimentului o constituie înlocuirea dispozitivelor clasice, avînd admisia centrală a aerului comprimat în ejectorul de impulsionare, cu un ejector de construcție specială, la care admisia aerului comprimat este circulară, utilizînd efectul Coandă.

Dispozitivul brevetat de către OSIM — autori : ing. C. Roșca, ing. V. Comodzinschi, proiectant Gh. Atanasiu și ing. Cr. Ciocîlteu, are o productivitate medie de 80 t/h, asigurînd o creștere cu 30% a productivității față de vechile tipuri și o mărire a duratei de funcționare cu 20%.

Merită, de asemenea, evidențiate și o serie de inovații valoroase realizate de oamenii muncii din cadrul centralei trustului și din subunitățile sale, care au înlăturat o serie de dificultăți întîlnite la lucrările de pe șantiere, și anume :

— înlocuirea dulapurilor de podină din lemn folosite la schelele metalice, cu panouri de podină din tablă cutată, alveolată prin presare, soluție de mare eficiență economică, în prezent în faza de generalizare, concepută de maistrul S. Hobincu ;

— realizarea unor traverse din beton armat pentru căile de rulare ale macaralelor-portal și turn, soluție care a condus la economii de circa 700 000 lei numai în anul 1978— autori : ing. N. Belu și ing. St. Predescu ;

— realizarea unor tehnologii noi pentru execuția canalelor de termoficare la CET Brazi II — propusă de ing. S. Roman.

Cu aceste realizări, în cîteva dintre domeniile importante de acțiune în direcția creșterii eficienței economice și introducerea creației originale, colectivele de muncitori, ingineri și tehnicieni din cadrul Trustului „Energoconstrucția" își aduc aportul la înfăptuirea sarcinilor măreție trasate de Congresul al XI-lea al P.C.R.

Preocupările Trustului „Energoconstrucția" pe linia creșterii productivității muncii

Ing. Alex. Nicolau

Trustul „Energoconstrucția" — unitate specializată pentru executarea lucrărilor de construcții și instalații pentru obiectivele termoenergetice — și-a început activitatea în anul 1949. Dominanta activității desfășurate pe parcursul celor 30 de ani de activitate este reprezentată prin creșterea continuă a volumului de producție realizată, sporirea și modernizarea permanentă a potențialului său de producție, paralel cu îmbunătățirea continuă a calității lucrărilor executate. Evoluția dinamicii creșterii volumului de producție, în ultimii 14 ani, ilustrează ritmul rapid crescător al acestui indicator de plan.

Această dinamică, rapid crescătoare, a implicat și o dimensionare structurală corespunzătoare cu ceilalți indicatori de plan, îmbunătățiți de la un an la altul.

Astfel, numai în perioada 1965—1979 productivitatea muncii a crescut cu un ritm mediu anual de 9,96%, aducînd însemnate economii de personal. Aceste rezultate au fost posibile printr-o preocupare permanentă a întregului colectiv pe linia progresului tehnic, a perfecționării organizării conducerii, a producției și a muncii, a calificării perfecționării și creșterii îndemînării executanților.

Preocupările au fost materializate prin întocmirea unor programe menite să fundamenteze creșterea productivității muncii, prin aplicarea unor măsuri concrete, cu evaluarea eficienței în economie relativă de personal față de anul de bază și cu stabilirea termenelor de realizare și a responsabilităților pe subunități,

Anul	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
%	100	93,95	107,3	126,3	114,4	118,5	183,9	214,4	235,9	244,2	239,2	260,0	339,8	340,12	449,12

compartimente și om al muncii. La elaborarea acestor programe de măsuri, în scopul fundamentării lor pe baze reale, s-au avut în vedere următoarele :

— planul de producție fizică ;
— productivitatea planificată ;
— indicii de mecanizare ;
— planul de investiții propriu, în special dotările cu utilaje ;
— planul de studii privind îmbunătățirea tehnologiilor existente și elaborarea și aplicarea de noi tehnologii ;
— planul de normare tehnică ;
— introducerea de soluții constructive și materiale noi :
— prevederile privind indicii de folosire a utilajelor și a fondului de timp de lucru al oamenilor muncii :
— studiile și măsurile preconizate privind îmbunătățirea activității de transport, manipulare și depozitare a materialelor în șantiere ;
— planurile de învățămînt privind calificarea și perfecționarea pregătirii profesionale ;
— planul de muncă al oficiului de calcul privind mecanizarea lucrărilor de birou, perfecționarea circuitului informațional și raționalizarea sistemului de evidență tehnico-operativă.

Analizînd principalele căi de creștere a productivității muncii și modul în care acestea s-au reflectat în programele de creștere a productivității muncii, se constată :

a) Extinderea gradului de mecanizare a lucrărilor a contribuit an de an cu o pondere ascendentă în sporul de productivitate obținut.

Astfel, în 1979 se preconizează a se realiza, pe seama extinderii mecanizării, o pondere de 32,20% din sarcina de creștere a productivității muncii față de anul 1978. Acest lucru va fi posibil prin extinderea utilizării extensive și intensive a diferitelor utilaje, prin trecerea la lucrul în două schimburi prelungite, ca și prin dotarea cu utilaje noi de productivități ridicate. Folosirea rațională a utilajelor a constituit, și constituie în permanență, o rezervă importantă în creșterea productivității.

În acest sens se urmărește :

— determinarea necesarului de utilaje în raport cu tehnologiile și volumul de execuție cu suficient timp înaintea lucrărilor ;
— anunțarea din timp privind utilajele devenite disponibile, în vederea programării transportului acestora pe alte șantiere, unde sînt necesare ;
— folosirea într-o corelație tehnologică corespunzătoare a utilajelor și mijloacelor de transport, în special a utilajelor de săpat cu cele de transport ;
— extinderea în continuare a lucrului în schimburi.

Pe linia introducerii micii mecanizări și a dotării cu scule și dispozitive, în special prin autodotare, deși s-au înregistrat o serie de rezultate bune, se impune o mai mare preocupare în aplicarea studiilor ce se întocmesc în acest scop și intensificarea preocupărilor pentru autodotare.

b) Introducerea soluțiilor constructive și a tehnologiilor noi a contribuit cu o pondere de 14,8% la realizarea creșterii productivității muncii în anul 1975 față de anul 1974, iar în anul 1979 se preconizează a se realiza o pondere de 29% din sarcina de creștere a productivității muncii față de anul 1978. Pe această linie, mărirea gradului de prefabricare constituie o rezervă importantă pentru creșterea productivității muncii, prin economia de manoperă pe care o aduce și prin crearea condițiilor de lucru pe tot timpul anului. Trebuie menționat că ponderea de beton prefabricat — din totalul betonului — este destul de redusă (circa 15%), mărirea ei trebuind să constituie o preocupare pentru proiectanți. De asemenea, trebuie să să acționeze mai mult pe linia tipizării construcțiilor, prin care s-ar putea obține importante economii, atît în munca de proiectare cît și în cea de execuție.

În legătură cu exinderea mai rapidă a gradului de prefabricare trebuie precizat că aceasta este limitată de capacitatea de ridicare a macaralelor de montaj. Un exemplu în acest sens este realizarea prefabricată în întregime a structurii clădirii principale a termocentralelor.

Îmbunătățirea tehnologiilor existente și elaborarea și aplicarea de noi tehnologii au constituit o preocupare permanentă în trustul nostru, fapt ce s-a materializat prin aportul adus an de an în creșterea productivității muncii. Dintre acestea amintim : glisarea liniară și spațială a clădirilor principale de la termocentrale, glisarea coșurilor de fum, pășirea turnurilor de răcire, extinderea folosirii prefabricatelor.

În atenția secției de proiectare stă în permanență perfecționarea acestor tehnologii și elaborarea de noi tehnologii, în special pentru lucrările cu consum mare de manoperă, cum ar fi pășirea turnurilor de răcire, montarea sistemului de răcire la acestea, executarea susținerii izolației interioare a coșurilor de fum, în care s-au și obținut unele progrese.

c) Introducerea de soluții constructive și materiale noi este una dintre căile importante de creștere a productivității muncii. Astfel, în anul 1979 se preconizează a se realiza, pe seama acestei căi de creștere a productivității muncii, o pondere de 4,2%, din sarcina de creștere a productivității muncii față de anul 1978.

Pe această linie, folosirea într-un grad mai mare a materialelor de construcții ușoare de înveli-

tori, a plaselor sudate, a profilelor formate la rece, a oţelurilor speciale ar aduce creşteri substanţiale de productivitate. Pentru aceasta contribuţia hotărîtoare este a proiectantului.

d) O altă cale importantă care a contribuit la creşterea productivităţii muncii priveşte perfecţionarea organizării conducerii, a producţiei şi a muncii, cu un aport preconizat în creşterea de productivitate a anului 1979 de 20,42%.

Din realizările obţinute pe această linie se menţionează :

— Cu privire la organizarea conducerii s-a acţionat în direcţia raţionalizării personalului TESA, a perfecţionării sistemului informaţional prin prelucrarea automată a datelor într-o serie de activităţi şi prin raţionalizarea sistemului de evidenţă tehnico-operativă. Pe această linie există în continuare preocupări pentru stabilirea unor proporţii optime între diferitele categorii de personal TESA, folosirea în mai mare măsură în activitatea de conducere a informaţiilor ce se pot obţine prin prelucrarea automată a datelor, reducerea în continuare, pînă la strictul necesar, a sistemului de evidenţă tehnico-operativă.

În 1975 ponderea realizării obţinută pe această cale, din totalul creşterii productivităţii muncii realizată faţă de anul 1974, a fost de 4,58%, urmînd ca în anul 1979 aportul măsurilor privind organizarea conducerii să reprezinte o pondere de 4,82% din sarcina de creştere a productivităţii muncii faţă de anul 1978.

— Cu privire la organizarea producţiei, a cărei pondere în anul 1979 va fi de 7,52% din sarcina de creştere a productivităţii muncii pe anul 1979 faţă de 1978, s-au obţinut din an în an rezultate îmbunătăţite.

Ne propunem ca pe aceleaşi căi să obţinem în continuare rezultate îmbunătăţite, prin eliminarea lipsurilor, care conduc la stagnări nejustificate ale utilajelor, la nefolosirea utilajelor în două schimburi, la depăşirea timpului afectat reparării şi întreţinerii acestora.

— Cu privire la organizarea muncii, se poate afirma că s-a îmbunătăţit indicele de folosire a timpului de lucru, că există o preocupare sporită în organizarea procesului de muncă la punctele de lucru. Acestea s-au datorat în principal întăririi disciplinei în muncă, prin reducerea absenţelor nemotivate, a învoirilor şi concediilor fără plată, prin reducerea indicelui de fluctuaţie. De asemenea, este necesară o mai bună organizare a transportului personalului muncitor la locurile de muncă, o mai bună amplasare a obiectelor din cadrul organizării de şantier, realizarea unitară a lucrărilor de organizare cu satisfacerea în măsură mai mare a condiţiilor social-culturale ale oamenilor muncii.

Tot pe această linie, a organizării muncii, se impune o preocupare sporită în alcătuirea formaţiilor de lucru, corespunzător sarcinilor cele revin, în extinderea în mai mare măsură a acordului global. Astfel, se preconizează a se realiza, pe această cale, în 1979 o pondere de 8,08% din sarcina de creştere a productivităţii muncii faţă de anul 1978.

e) O cale importantă care conduce la creşterea productivităţii muncii este cea privind calificarea, perfecţionarea şi creşterea îndemînării executanţilor, al cărei aport în sporul de creştere a productivităţii muncii, pe anul 1979 faţă de 1978, este prevăzut la 14,18%.

În acest sens, trustul a acţionat prin realizarea planurilor anuale de învăţămînt, care au urmărit calificarea muncitorilor în meseriile deficitare, prin şcolarizarea absolvenţilor şcolilor profesionale care funcţionează în cadrul M.E.E.

De asemenea, s-au organizat cursuri de calificare şi perfecţionare a pregătirii profesionale a muncitorilor şi prin Centrul de perfecţionare a lucrătorilor din M.E.E.

Astfel, din anul 1962 pînă în prezent au fost calificaţi prin cursuri de calificare 5056 persoane, din care în anul 1979 se vor califica 350 persoane. De asemenea, au urmat cursurile de specializare gr. II 1100 persoane. Cursurile de perfecţionare a pregătirii profesionale a muncitorilor şi personalului TESA au fost urmate din anul 1971 pînă în prezent de 6400 persoane, din care 1050 urmează această formă în anul 1979.

În continuare ne propunem să menţinem toate aceste forme de calificare şi perfecţionare a pregătirii profesionale a personalului muncitor.

Pentru viitor, date fiind sarcinile sporite pe linia creşterii productivităţii muncii, oamenii muncii din Trustul „Energoconstrucţia", pe lîngă urmărirea lichidării lipsurilor ce s-au mai manifestat, vor desfăşura o muncă mai susţinută, care să-şi aducă contribuţia la creşterea productivităţii muncii.

Realizări și perspective în utilizarea tehnicii moderne de calcul în cadrul Trustului „Energoconstrucția"

Kleps Iosif
Șef Oficiu calcul

Împlinirea a 30 de ani de existență a Trustului „Energoconstructia" este un bun prilej de a face un bilanț al realizărilor într-un domeniu mai tînăr de activitate, cel al informaticii.

Creșterea de la an la an a producției de construcții-montaj, în condițiile unei evoluții ascendente a productivității muncii, a solicitat conducerii trustului să acționeze din timp pe multiple planuri pentru modernizarea tehnică, introducerea unor tehnologii noi de lucru, dar și pe acela al conducerii eficiente a activității de construcții-montaj.

În acest context, s-a înființat în luna ianuarie 1972 un oficiu de calcul, care ulterior a fost amplificat cu o serie de stații de calcul înființate la grupurile de șantiere ale trustului și care împreună urmau să acționeze în direcția elaborării și introducerii unui sistem de conducere bazat pe utilizarea tehnicii de calcul.

Odată rezolvată problema unei structuri organizatorice adecvate pentru introducerea prelucrării automate a datelor, s-a impus lămurirea următoarelor trei cerințe :

— concepția de dotare cu tehnică de calcul ;
— logica construirii sistemului de conducere ;
— pregătirea cadrelor de informaticieni și utilizatori.

1. Concepția de dotare cu tehnică de calcul

În concepția de dotare cu tehnică de calcul s-a ținut seama mai întîi de sistemul de organizare al trustului și de particularitățile producției de construcții-montaj și apoi de conceptul de informatică distribuită.

Activitatea trustului se desfășoară pe grupuri de șantiere cu șantiere și loturi în subordine răspîndite pe întreg teritoriul țării, cu o mobilitate relativ mare a procesului de producție de la un obiect de construcții la altul. Sistemul de centralizare și raportare a datelor la nivelurile ierarhice superioare este asigurat de către trust.

Conceptul de informatică distribuită se referă la posibilitatea ca o serie de funcții privind prelucrarea automată a datelor să poată fi realizate independent, direct la șantiere, cît mai aproape de sursele de date, asigurîndu-se totodată posibilitatea cooperării, conlucrării și unității de concepție pentru realizarea unor funcții comune la nivelul trustului.

Față de considerentele de mai sus, dotarea cu tehnică de calcul s-a făcut astel :

a) La nivelul grupurilor de șantiere :
— mașini de facturat-contabilizat tip Felix FC ;
— perfo-verificatoare de bandă și cartele ;
— automate de organizare a datelor (perforare-redare) ;
— echipamente de teletransmisie racordate la rețeaua telefonică comutată.

b) La nivelul centralei trustului :
— minicalculatoare cu o capacitate a memoriei interne între 4—16 kcuvinte ;
— perfo-verificatoare de bandă și cartele ;
— automate de organizare a datelor ;
— mașini de facturat-contabilizat tip Felix FC ;
— echipamente de teletransmisie.

Cu această dotare se asigură în prezent îndeplinirea următoarelor funcții :

a) *La nivelul stațiilor de calcul*

— culegerea, pregătirea și organizarea datelor pentru calculatoare :
— efectuarea unor lucrări de calcul la nivelul mașinilor Felix FC, ca, de exemplu : calculul proceselor-verbale de recepție a lucrărilor de C + M, calculul facturilor, calculul acordului, centralizarea de operații financiare etc. ;
— transmiterea la oficiul de calcul a datelor primare spre prelucrare și recepția rezultatelor cu ajutorul echipamentelor de teletransmisie ;
— listarea rezultatelor unor lucrări executate în special pe minicalculatoare și distribuirea rezultatelor.

b) *La nivelul oficiului de calcul*

— pregătirea datelor pentru calculatoare ;
— efectuarea unor lucrări de calcul la nivelul minicalculatoarelor din dotație, ca, de exemplu : calculul retribuției, interpretarea statistică a rezultatelor de laborator, fișa de programare a producției, decontul de prestații auto și utilaje, calculul balanțelor contabile etc. ;
— efectuarea de validări și conversii de suporturi de date (bandă perforată — casete magnetice sau cartele) ;
— efectuarea unor lucrări de calcul la nivelul mașinilor Felix FC ;
— recepția datelor și transmiterea rezultatelor cu ajutorul echipamentelor de teletransmisie.

În plus, la nivelul oficiului de calcul se asigură, pe bază de contract, un număr de ore de prestații la mai multe centre de calcul, dotate cu calculatoare Felix C 256—512, pentru exploatarea unor pachete de programe proprii sau asimilate, care folosesc baze de date voluminoase și solicită o capacitate mare de memorie, ca, de exemplu : gestiunea materialelor, gestiunea mijloacelor fixe, evidența utilizării mijloacelor de transport auto și utilaje etc.

În anii următori, pe măsura extinderii fabricației de mini- și microcalculatoare românești, s-a prevăzut ca, pe lîngă dotarea oficiului de

calcul cu minicalculatoare Independent 100, să fie dotată fiecare stație de calcul de la grupurile de șantiere cu cîte un microcalculator M 80 și extinsă dotarea cu echipamente Felix FC, de culegere și teletransmisie a datelor, în felul acesta putîndu-se extinde aria lucrărilor ce se vor realiza cu puterea de calcul locală.

Conceptul de informatică distribuită va fi astfel întărit și amplificat, determinînd o nouă concepție în organizarea și conducerea activității șantierelor.

2. Logica construirii sistemului de conducere

În construirea sistemelor informatice de conducere se disting trei căi posibile, și anume:

1. Elaborarea unor aplicații izolate în funcție de cerințele de moment ale unității, fără elaborarea în prealabil a unei concepții, generale asupra sistemului pe care dorim să-l construim.

2. Construirea unor subsisteme integrabile „deschise", în sensul de a putea fi dezvoltate și integrate ulterior într-un sistem unitar de conducere.

3. Construirea unui sistem integrat care să acopere simultan întreg domeniul de activitate al unității.

Prima cale rezolvă unele cerințe urgente, dar nu asigură compatibilitatea necesară între aplicațiile independente, ceea ce face aproape imposibilă construirea în timp a unor subsisteme integrabile.

Calea a treia, denumită și „monumentală", necesită un efort și o experiență mare în proiectare, cheltuieli și o durată mare de realizare, în decursul căreia pot să apară modificări în structura unității, în legislație, care să influențeze radical sistemul informatic proiectat.

Trustul nostru a ales calea a doua, de construire a unor subsisteme integrabile în perspectivă, flexibile în dezvoltare, cu o durată scurtă de realizare, costuri relativ reduse și mai ușor adaptabilă la modificările ce apar în dinamica dezvoltării unității.

Integrabilitatea subsistemelor s-a realizat prin elaborarea unui sistem unitar de evidență și informațional, printr-un sistem unitar de codificare, prin elaborarea unor nomenclatoare unice de materiale, fonduri fixe, norme de consum etc., prin asigurarea acelorași surse de date, prin același conținut al rapoartelor și a unei biblioteci unice de programe în cadrul trustului.

De altfel, această cale s-a dovedit oportună atît sub aspectul posibilităților trustului, ca: personal de specialitate existent, fonduri alocate, experiență acumulată, cît și sub aspectul suscitării interesului utilizatorilor pentru trecerea pe calculator a unor lucrări.

Sistemul de conducere a producției de construcții-montaj a fost împărțit în următoarele subsisteme:

— subsistemul planificare;

— subsistemul producție;

— subsistemul resurse (materiale, umane, fonduri fixe);

— subsistemul financiar-contabil.

Această împărțire a sistemului general de conducere a trustului a fost făcută în scopul ușurării muncii de încadrare și proiectare a diverselor activități ce urmează a fi trecute la sistemul automat de prelucrare, cît și al ușurării creării unei baze de date unitare.

În cadrul fiecărui subsistem au fost realizate pînă în prezent o serie de aplicații, care se exploatează fie pe echipamentele din dotație, fie pe calculatoare Felix C 256—512, și anume:

Subsistemul producție

PROFIS	—pentru întocmirea fișelor anuale de programare a producției de construcții-montaj, cu defalcare pe trimestre, pînă la nivel de devize.
EVUTIL	—pentru evidența utilizării și gestiunea utilajelor de construcții-montaj din dotație și închiriate, inclusiv activitatea de planificare și urmărire a reviziilor și reparațiilor.
EVTRAN	—pentru evidența utilizării și gestiunea mijloacelor de transport auto din dotație și închiriate, inclusiv activitatea de planificare și urmărire a reviziilor și reparațiilor.
DOCEC	—pentru prelucrarea automată a documentației de execuție și de urmărire a realizărilor, care a fost adaptat pe minicalculatoare și pe mașini Felix FC.
LABOR	—pentru interpretarea statistică a rezultatelor de laborator la prelevări de probe ciment.
PROIECT	—pentru diverse programe de calcule tehnico-științifice necesare în munca de proiectare, ca, de exemplu: CAPLAN, CASE etc.

Subsistemul resurse

MATEC	—pentru evidența mișcărilor și gestiunea fizică și valorică a stocurilor de materiale, piese de schimb și obiecte de inventar. În cadrul acestui program se urmărește și o centralizare a stocurilor principalelor grupe de materiale la nivelul trustului, cu defalcare pe șantiere.
EVCON	—pentru urmărirea realizării contractelor economice de aprovizionare cu materiale.
NECARB	—pentru calculul necesarului de carburanți și lubrifianți la utilaje și mijloace de transport auto.
NEPES	—pentru calculul necesarului de piese de schimb auto ce figurează în nomenclatorul M.T.Tc.
GEPERS	—pentru evidența și conducerea personalului TESA.
GEFIX	—pentru evidența mișcărilor și gestiunea fondurilor fixe, planificarea și calculul amortizării lor.

Subsistemul financiar-contabil

RETRIB	—pentru calculul retribuției personalului muncitor și al listelor de reținere.

BALAN	—pentru calculul și centralizarea balanțelor contabile.
FACT	—pentru calculul facturilor de materiale.
CENTRA	—pentru centralizarea pe conturi contabile a diverselor operații financiare de casă și bancă.
DECONT	—pentru decontarea producției de prestații efectuată cu utilajele și mijloacele de transport auto.

Majoritatea aplicațiilor menționate mai sus sînt generalizate sau se află în curs de generalizare la toate unitățile trustului. Ca număr de ore de calculator, subsistemul producție ocupă circa 26%, cel de resurse circa 45%, iar subsistemul financiar-contabil circa 29% din volumul total de ore prestate.

În perioada următoare se va continua acțiunea de construire „pas cu pas" a sistemului general de conducere a trustului prin :

— elaborarea unor aplicații în domeniul planificării și programării producției, domeniul cel mai complex și mai greu de implementat, datorită folosirii unor proceduri mai puțin riguroase ;

— crearea condițiilor organizatorice în vederea generalizării aplicațiilor aflate în exploatare la toate șantierele ;

— dezvoltarea în continuare a fiecărui subsistem în parte, în scopul cuprinderii unui volum cît mai mare de lucrări pe calculator ;

— organizarea exploatării pe principiul „bazei de date" și al utilizării unor limbaje adecvate ca : SOCRATE, COBRA, SGBD.

— reproiectarea unor aplicații puse în funcțiune, în scopul modernizării și creșterii eficienței lor, prin reducerea timpului de calculator cu 10—50% față de versiunile anterioare.

3. Pregătirea cadrelor de informaticieni și utilizatori

Este cunoscut faptul că reușita introducerii informaticii într-o unitate este asigurată în mare măsură de organizarea unui bun sistem de selectare și pregătire a personalului.

În cadrul trustului, pentru recrutarea de personal de specialitate (analiști, programatori, operatori) la oficiul și stațiile de calcul, s-a folosit o soluție mixtă de specializare în informatică a personalului existent, cu experiență în problematica unității, și de recrutare de absolvenți ai unor facultăți și școli cu profil de informatică.

Periodic, cadrele de informaticieni sînt trimise la specializări și reciclări, orientate spre profilul de activitate pe care îl desfășoară.

Personalul operativ este pregătit în special prin cursuri organizate direct la locul de muncă. pe tipuri de mașini de calcul și culegere de date,

Instruirea personalului trustului care pregătește documentele primare și beneficiază direct de rezultatele informaticii se face prin organizarea unor instructaje la sediul trustului, de 2—5 zile, orientate pe tipuri de aplicații, astfel ca să se asigure un limbaj comun între utilizatori și informaticieni.

Chezășia succesului acestei acțiuni de anvergură, care pregătește intrarea informaticii în viața cotidiană a trustului, o constituie interesul viu și constant al conducerii trustului și al grupurilor de șantiere pentru această activitate.

Realizările obținute pînă în prezent solicită un efort concertat, împreună cu toate compartimentele și unitățile trustului, pentru asigurarea celor mai bune condiții organizatorice de desfășurare a acestei activități, în scopul creșterii calitative a întregului proces de conducere.

Aspecte din realizările Trustului „Energoconstrucția" în alte țări

Ing. Mircea Carp

Pe coasta siriană a Mării Mediterane, în apropierea localității Banias și la circa 40 km nord de portul Tartous, în anul 1974 și-au început activitatea mai multe întreprinderi românești pentru construirea importantului obiectiv Rafinăria Banias, contractat de întreprinderea de comerț exterior „Industrialexport', cu Ministerul Petrolului din Republica Arabă Siria.

Pentru asigurarea energiei electrice necesare funcționării rafinăriei, Institutul de studii și proiectări energetice din București a proiectat o centrală electrică cu patru grupuri de 12 MW, iar Institutul de studii și proiectări hidroenergetice din București a proiectat o aducțiune de apă cu o conductă forțată și o stație de pompare din lacul Al-Sehu.

În urma tratativelor purtate cu I.C.E. Industrialexport, Trustul Energoconstrucția (TEC) a contractat cu această întreprindere executarea, pentru centrala electrică Banias, a unui coș de fum și a două turnuri de răcire, iar pentru instalațiile Rafinăriei Banias executarea a două coșuri de fum. Tot cu această întreprindere s-a încheiat și un contract de asistență tehnică pentru supravegherea și coordonarea, prin personalul de specialitate din TEC, a lucrărilor de construcții executate de firma locală „Scorefico" la Centrala electrică Banias și de firma locală „Abou-Khater" la aducțiunea de apă pentru rafinărie.

Coșul de fum pentru centrala electrică, înalt de 120 m, a avut structura din beton armat glisat, iar pentru protecție a fost prevăzut un coș interior din cărămidă antiacidă pe schelet de beton armat. Chiturile folosite pentru zidăria de protecție și pentru peliculizări au fost de tipul Asplit și Arnolex.

Coșurile de fum pentru rafinărie — unul de 150 m și altul de 120 m înălțime — au avut același sistem constructiv și la toate coșurile s-au executat balizajul de zi și instalațiile electrice pentru balizajul de noapte. Turnurile de răcire cu tiraj natural pentru centrala electrică, înalte de 47 m și cu diametrul la bază de 48 m, pînză hiperbolică din beton armat, au sistemul de răcire din plăci de asbociment, iar cel de distribuție din tuburi de asbociment. Pentru protecția hidrofugă, interiorul pînzelor hiperbolice a fost peliculizat cu hidrobeton.

Problema principlă pe care a ridicat-o executarea coșurilor de fum și turnurilor de răcire din Siria — dacă se ține seama de faptul că furnitura TEC a însumat peste 1500 tone, constînd din utilaje, dispozitive, instalații de glisare și pășire, scule, barăci și materiale de organizare de șantier, iar materialele pentru lucrările de bază comandate în țară de Industrialexport au însumat și ele cîteva mii de tone — a fost aceea de a se elimina factorii de risc care puteau împiedica aprovizionarea la timp a șantierului și în consecință puteau provoca stagnarea activității personalului muncitoresc.

Trustul Energoconstrucția a organizat în țară, împreună cu conducerea șantierului, o identificare foarte amănunțită a tuturor materialelor, instalațiilor, utilajelor, sculelor și dispozitivelor necesare execuției, a întocmit, prin Secția de proiectare TEC, proiectele de organizare tehnologică și a prevăzut toate piesele de schimb, utilajele de rezervă, sculele de rezervă, dotațiile necesare unei funcționări a șantierului pe timp de circa 3 ani. Acest necesar, foarte detaliat, a fost pregătit pentru expedieri succesive, luîndu-se în calcul staționările din porturi și creîndu-se un astfel de devans în expediție încît să se preia și întîrzierile datorate blocării porturilor siriene.

Pentru materialele de bază în sarcina de expediție a întreprinderii Industrialexport (I.E.), T.E.C. a organizat un sistem eficient de urmărire de la furnizorii I.E. pînă la încărcarea efectivă pe vase a tuturor materialelor, iar în cazurile în care au fost constatate întîrzieri în expediții, a obținut ca I.E. să facă transporturile cu autocamioane TIR, astfel încît să ajungă totul la timp în șantier. Pentru execuția propriu-zisă, TEC și conducerea șantierului au ales colective bine sudate, oameni ai muncii cu înaltă experiență în lucrări de coșuri și turnuri, buni deserventi de utilaje și buni specialiști în întreținere și reparații.

Cu un efort colectiv care a mobilizat toți muncitorii și tehnicienii șantierului și toate compartimentele TEC, s-a reușit ca lucrările noastre să fie exemplar executate din toate punctele de vedere, calitate ireproșabilă, termene scurte de execuție, utilaje și personal din plin folosite, astfel încît rezultatele în relațiile cu beneficiarul lucrărilor și rezultatele economice la trust să fie dintre cele mai bune în activitatea de comerț exterior, chiar pe întreprinderile M.E.E.

La Banias, în afară de turnurile de răcire și coșurile de fum contractate inițial, TEC a fost solicitat în repetate rînduri să suplinească, cu forțele sale locale, o serie de greutăți care s-au ivit în activitatea generală. Astfel, TEC a executat la Banias, prin șantierul său, montarea unei conducte din PVC pentru evacuarea apelor uzate de la epurarea chimică la mare, lucrări speciale de placări antiacide la epurarea chimică, montarea sistemului de răcire la turnurile de răcire cu tiraj forțat de la rafinărie, plăci prefabricate de beton armat pentru protecții taluze. Și aceste lucrări s-au executat cu promptitudine, în condiții tehnice corespunzătoare și cu rezultate economice foarte bune. Pentru întreaga activitate este de menționat volumul de confecții metalice executate în țară de Atelierul central TEC, precum și volumul de cofraje pășitoare, platforma de cofraje glisante și cofraje metalice pentru structuri interioare, la care s-au adăugat peste 200 tone scări, platforme metalice pentru coșuri și turnuri și podeste metalice la sălile de cazane.

În general, astăzi, cu ocazia aniversării a 30 ani de la înființarea TEC, se poate afirma cu mîndrie că în examenul pe care TEC l-a dat cu primele lucrări executate în exterior, datorită pregătirii minuțioase a lucrărilor, datorită pregătirii cadrelor de execuție, bunei colaborări și muncii însuflețite, rezultatele obținute au răspîndit bunul renume cîștigat în țară și dincolo de frontierele țării.

În cursul anului 1977 TEC a fost solicitat de întreprinderea de comerț exterior „Uzine export-import" — ca urmare a frumoaselor realizări

de la Banias — să execute la fabrica de ciment Sheik-Said, lîngă Alep — Siria, un coș din beton armat glisat de 100 m înălțime. Acest coș are de asemenea izolații interioare în prezent în curs de finalizare. Și la această lucrare rezultatele de calitate și economice sînt remarcabile și se înscriu în sistemul de lucru inițiat și practicat la Banias.

În activitatea de comerț exterior pînă în prezent, TEC a realizat și depășit valorile de plan, asigurînd cursul de revenire și aportul valutar cu depășiri, cu respectarea termenelor angajate și executînd lucrări de calitate. Cele mai înalte construcții care domină platforma industrială Banias vorbesc, prin silueta lor suplă, despre priceperea și dăruirea în muncă a harnicelor colective de specialiști ale Trustului Energoconstrucția, despre experiența și prestigiul dobîndit în cei 30 de ani de activitate a acestui trust.

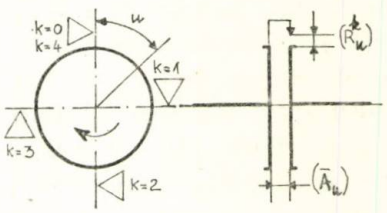
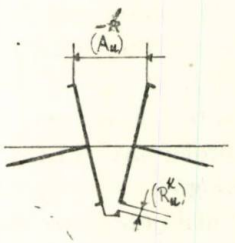
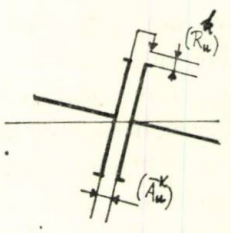
Metodologia centrării după semicuple a rotoarelor turboagregatelor termoenergetice

Dr. ing. A. Măcriș,
ing. H. M. Tănase,
C. Raica*)

Centrarea turboagregatului — definind ansamblul operațiilor de montaj desfășurate în scopul realizării coaxialității spațiale între componentele statorice și cele rotorice — constituie o etapă tehnologică de a cărei precizie și corectitudine este legată direct fiabilitatea internă a întregului agregat. În cadrul acestui ansamblu, linia de arbori condiționează restul centrării.

În articolul de față se analizează tehnologia de centrare a rotoarelor, în scopul realizării liniei de arbori, dezvoltînd metodologia determinării pozițiilor relative ale semicuplelor adiacente și generalizînd tehnica de calcul pentru deplasarea rotoarelor. Aplicațiile au în vedere turboagregatele termoenergetice moderne, de mare și foarte mare putere.

Poziţiile relative ale semicuplelor adiacente — Tabelul 1

Deformaţiile de încovoiere ale arborilor	Poziţiile semicuplelor	Centrarea semicuplelor
Cazul ideal		$A^k=A^*$ $R^k=R^*$ $k=0,\dots,3$
Cazul real		$A^k \gtrless A^*$ $R^k \gtrless R^*$ $k\in[0\ ;\ 3]$
Centrarea rotoarelor după semicuple		$A^k=A^*$ $R^k=R^*$ $k=0,\dots,3$

*) Dr. ing. A. Măcriș este director tehnic și de producție al Trustului Energomontaj-București; ing. H.M. Tănase este cadru didactic la Institutul politehnic București, Catedra de centrale electrice; C. Raica — maistru principal la Trustul Energomontaj, Grupul de șantiere București,

1. Condiția de centrare a rotoarelor

Centrarea rotoarelor turboagregatului necesită asigurarea paralelismului și coaxialității tuturor semicuplelor adiacente. În tabelul 1 sînt evidențiate pozițiile relative posibile ale semicuplelor aparținînd a două rotoare înseriate.

În cazul ideal — la care deformațiile statice de încovoiere ale arborilor sînt nule — , centrarea rotoarelor ar conduce atît la coincidența axelor acestora cu o dreaptă orizontală, identică cu axa longitudinală (Ox) a agregatului, cît și la verticalitatea suprafețelor frontale ale semicuplelor. Totodată, centrarea ar impune egalitatea pantelor longitudinale ale fusurilor, ca valoare și sens.

Momentele încovoietoare, datorită, dispunerii spațiale diferențiate a maselor aferente componentelor tehnologice fixate pe arbori, distanțelor între lagăre ș.a.[1], produc deformații statice de încovoiere ale arborilor. Ca o consecință a acestor deformații apare modificarea pozițiilor semicuplelor, suprafețele frontale ale semicuplelor celor două rotoare așezate în poziție orizontală nemaifiind perpendiculare pe axa agregatului. Acest fapt ar determina atît preluarea și transmiterea incorectă a energiei stereomecanice, cît și încărcarea inegală și ciclică a buloanelor de cuplă și a cuzineților, ambele aspecte fiind evidențiate prin apariția vibrațiilor nepermise în exploatarea curentă.

Cunoscînd deformațiile de încovoiere ale celor două rotoare, este necesară poziționarea reciprocă a acestora, în așa fel încît fibrele medii deformate să coincidă în zonele de cuplare. În consecință, suprafețele frontale ale semicuplelor adiacente devin paralele. Condițiile tehnice necesare și suficiente pentru realizarea cuplajului centrat corect sînt definite de relațiile (tabelul 1):

$$A^k = A^*, \tag{1}$$

$$R^k = R^*, \tag{2}$$

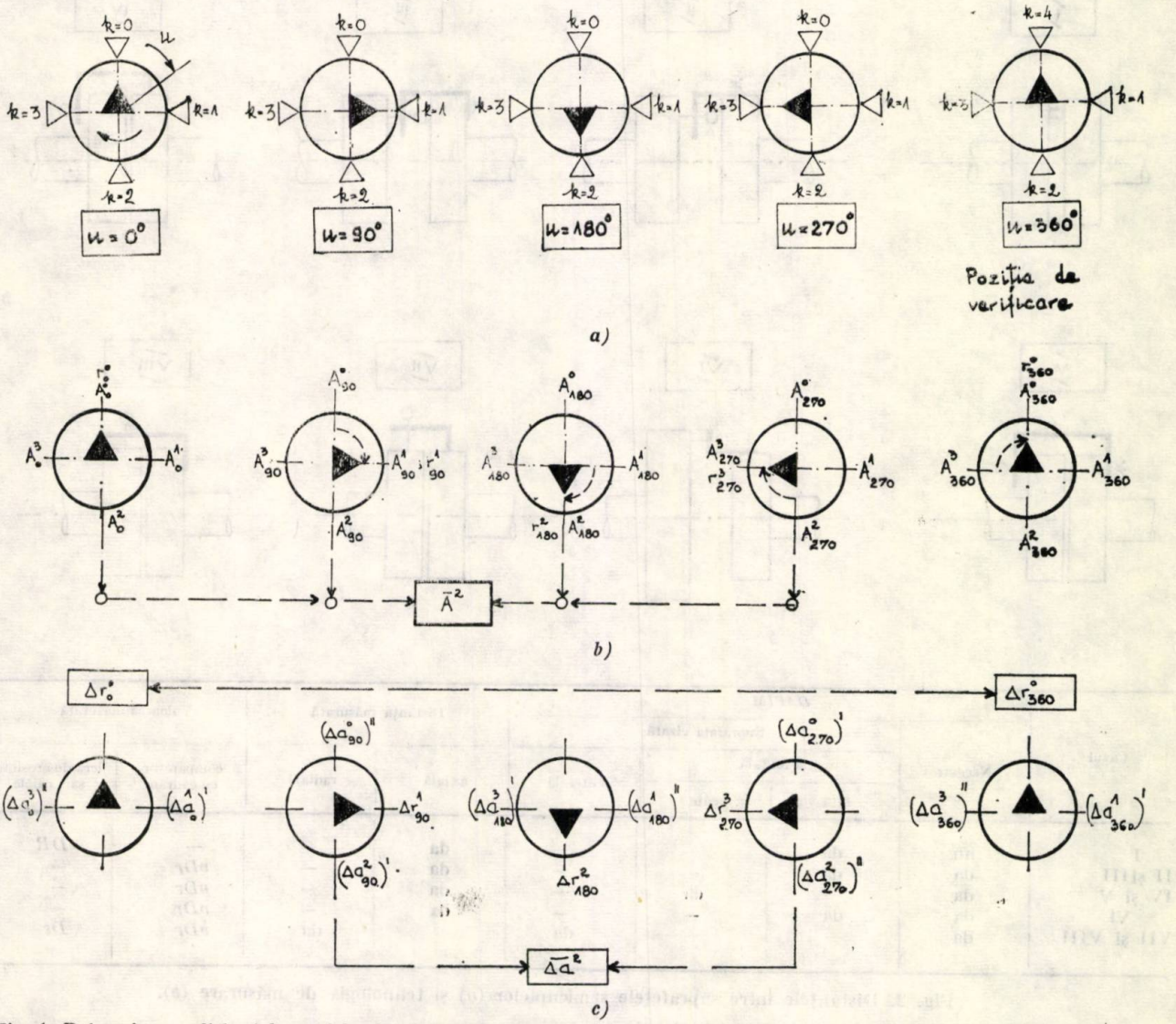


Fig. 1. Determinarea distanțelor axiale și radiale între semicuplele adiacente; pozițiile de control (*a*) și metodele de măsurare: (în) directă (*b*) și variația distanțelor (*c*).

în care :

A^k este distanța între suprafețele frontale ale semicuplelor, pe direcție axială, în poziția de vizare k ($k = 0,\ldots,3$; figura 1 *a*), în mm ;

R^k — distanța pe direcție radială între suprafețele laterale ale semicuplelor, în aceeași poziție k, în mm.

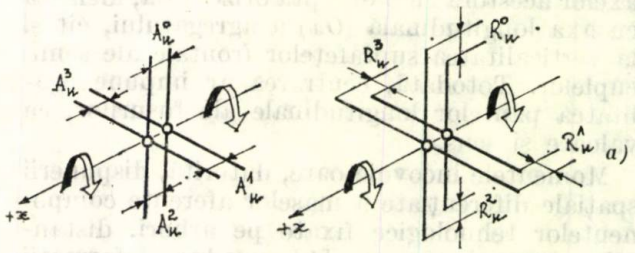
Condițiile (1) și (2) — în mod obișnuit definite prin termenii generici de „paralelism și coaxialitate la semicuple", sau de „centrare după semicuple" — sînt inseparabile, iar pozițiile celor două semicuple se consideră corecte dacă, și numai dacă, restricțiile sînt satisfăcute simultan :

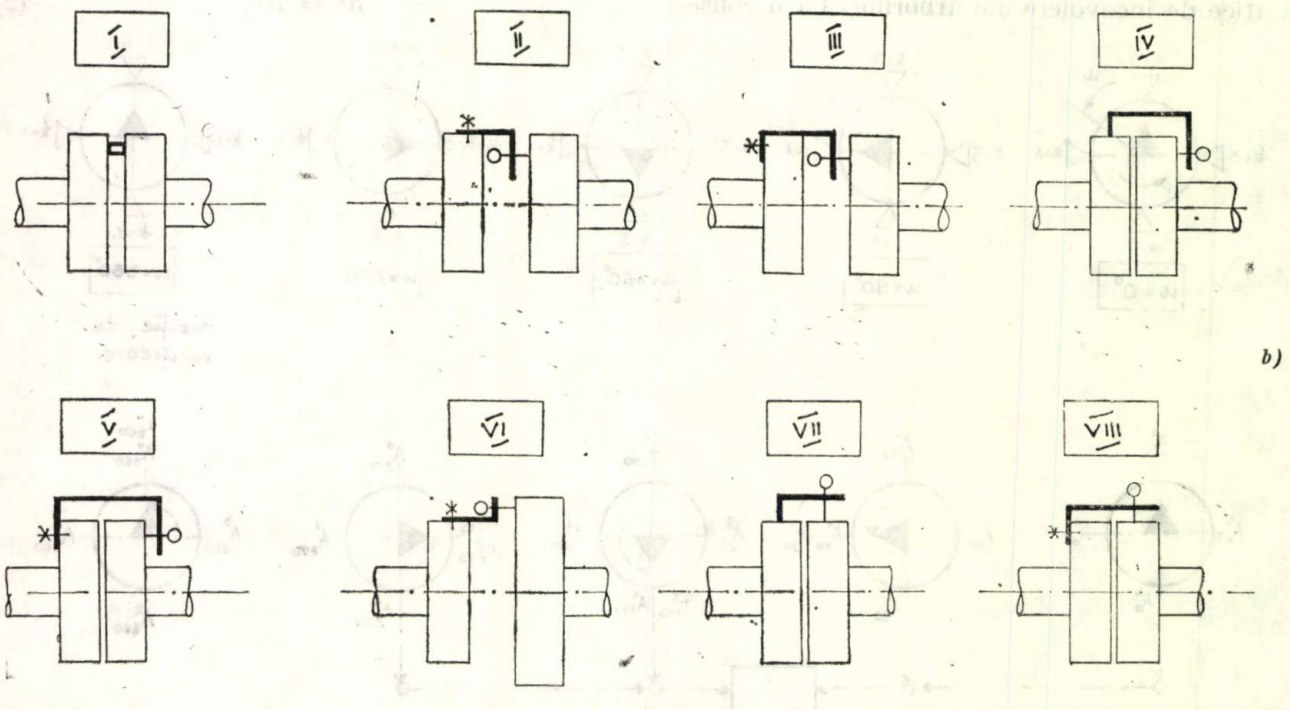
$$\{A^k = A^*\} \bigcap_{k=0}^{3} \{R^k = R^*\}. \qquad (3)$$

Centrarea după semicuple se bazează pe diferențele valorilor diametral opuse, pe direcție *verticală* — V și orizontală (*transversală* — T), pentru ambele seturi de valori rezultînd (fig. 2 *a*) :

$$V_a = A^0 - A^2 \qquad (4)$$

$$V_r = R^0 - R^2 \qquad (5)$$





Cazul	*DAFIM*				Distanța măsurată		Valoarea măsurată	
	Necesar	Suprafața vizată						
		Frontală		Laterală	axială	radială	comparator cu cadran	lera de grosime sau calele
		față	spate					
I	nu	da	—	—	da	—	—	*DR*
II și III	da	da	—	—	da	—	*vDr*	—
IV și V	da	—	da	—	da	—	*vDr*	—
VI	da	da	—	—	da	—	*vDr*	—
VII și VIII	da	—	—	da	—	da	*vDr*	*Dr*

Fig. 2. Distanțele între suprafețele semicuplelor (*a*) și tehnologia de măsurare (*b*).

DAFIM — dispozitiv auxiliar de fixare a instrumentului de măsură.
DR — distanța efectivă între suprafețele semicuplelor ; *Dr* — distanța între suprafața vizată și *DAFIM*.
vDr — variația distanțelor *Dr* între pozițiile *k* de control.

și respectiv :

$$T_a = A^1 - A^3, \tag{6}$$

$$T_r = R^1 - R^3, \tag{7}$$

în care :

V_a, T_a reprezintă diferențele rezultate între valorile distanțelor axiale diametral opuse, în plan vertical și, respectiv, orizontal, în mm ;

V_r, T_r — diferențele între valorile diametral opuse ale distanțelor radiale, în plan vertical și, respectiv, orizontal, în mm.

Practic, condițiile definite de relația (3) sînt considerate îndeplinite dacă, la terminarea operației de centrare, sînt satisfăcute simultan relațiile :

$$|V_a| \text{ și } |T_a| \in [0,00\,;\ s_a] \tag{8}$$

$$|V_r| \text{ și } |T_r| \in [0,00\,;\ s_r], \tag{9}$$

unde s_a și s_r sînt abaterile maxime admise la centrarea rotoarelor după semicuple, în direcție axială și, respectiv, radială (fig. 3).

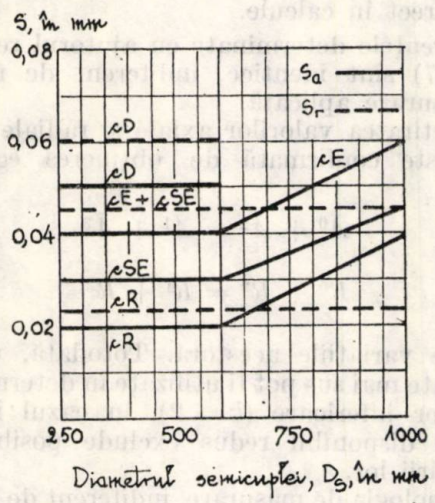


Fig. 3. Abaterile maxime admise la centrarea rotoarelor după semicuple : *cR*, *cSE*, *cE*, *cD* — cuplaj rigid, semielastic, elastic, respectiv cu dinți.

Unii fabricanți, dimensionînd foarte strîns condițiile (8) și (9), corelează abaterile s_r și s_a cu valorile experimentale, introducînd corecții (s_j) la centrarea rotoarelor după semicuple, de forma :

$$A^0 = A^2 + s_a - \sum_j s_j \tag{10}$$

Corecțiile reconsideră efectul de autocentrare a arborilor, dilatarea carterelor, dilatările și tasările preferențiale ale fundației, termo și hidrodinamica exploatării condensatorului de abur și a sistemului de răcire a turbogeneratorului ș.a.

2. Determinarea pozițiilor relative ale semicuplelor

Pozițiile relative ale semicuplelor adiacente se determină măsurînd concomitent distanțele între suprafețele frontale și laterale ale acestora, în cele patru poziții de control $k = 0,\ldots,$ $k = 3$ (fig. 1 *a*), la același unghi, $u = 90\ k$, de rotire a cuplajului respectiv. Măsurătorile sînt executate cu ajutorul comparatoarelor cu cadran, lerei de grosime sau calelor, în condiția rotirii arborilor simultan și numai în sensul normal de funcționare, diferențele V_a, V_r, T_a și T_r rezultînd prin calcule.

În funcție de tehnologiile de măsurare utilizate, detaliate în figura 2 *b*, rezultă trei metode de determinare a distanțelor între semicuple.

Metoda măsurării directe. Se realizează după schema precizată în figura 4 *a*, determinîndu-se mulțimea valorilor axiale efective. Operația se execută cu lera sau calele, direct între suprafețele frontale ale semicuplelor, măsurînd succesiv patru valori $A^k_{u=ct}$, $k = 0,\ldots, 3$, pentru patru unghiuri $u = 90\ k°$ de rotire simultană a arborilor. **Rezultă un set de 16 valori, care se mediază în cele patru poziții de control (fig. 1 *b*) :**

$$\bar{A}^k = 0{,}25 \sum_{u=0°}^{270°} A_u^{k=ct},\ k = 0,\ldots,3 \tag{11}$$

Metoda măsurării indirecte. Se realizează după schema precizată în figura 4 *b*, determinîndu-se mulțimea valorilor radiale $\{r^k_{90k}\,;\ k = 0,\ldots,3\}$. Măsurarea se execută cu lera sau calele, între suprafața laterală a semicuplei și dispozitivul auxiliar, rezultînd un set de patru valori $\{r^0_0\,;$ $r^1_{90}\,;\ r^2_{180}\,;\ r^3_{270}\}$. Utilizînd notațiile din figura 4 *b*, valorile radiale efective sînt de forma :

$$R^k_u = r^k_u - x, \tag{12}$$

în care constanta x este dependentă de sistemul constructiv și de fixare a dispozitivului auxiliar. Dată fiind constanța parametrului x, în practica centrajului valorile r^k_{90k} vor fi introduse direct în relațiile (5) și (7).

Metoda măsurării variației distanțelor. Se realizează după schema precizată în figura 4 *c*. În acest mod se determină variația mulțimilor distanțelor față de o valoare inițială, stabilită arbitrar. Metoda este folosită pentru măsurători atît pe direcție radială, cît și axială, utilizînd în exclusivitate comparatoarele cu cadran.

a) *Măsurătorile radiale.* Comparatorul este solidarizat cu semicupla *i*, în poziția inițială $k = 0$ (fig. 1 *c*) și reglat la o valoare arbitrară (de exemplu $+3{,}50$ mm), care să conducă la obținerea unor seturi formate din valori pozitive. Prin rotirea simultană a semicuplelor, în dreptul celor patru poziții de control, pe cadranul comparatorului se vor citi valorile $\{+3{,}00 + 0{,}50$ mm ; $+3{,}00 + \Delta r^1_{90}\,;\ +3{,}00 + \Delta r^2_{180}\,;\ +3{,}00 +$

$+ \Delta r^3_{270}\}$, cele patru variații Δr^k_{90k} consemnîndu-se. Distanțele radiale în cele patru puncte vor fi de forma:

$$R^k_u = 0{,}50\,(\bar{D}_i - \bar{D}_{i+1}) + \Delta r^k_u; \quad k = 0, \ldots, 3, \tag{13}$$

în care $\bar{D}_i$ și $\bar{D}_{i+1}$ sînt diametrele cercurilor descrise de punctele între care se fac măsurătorile.

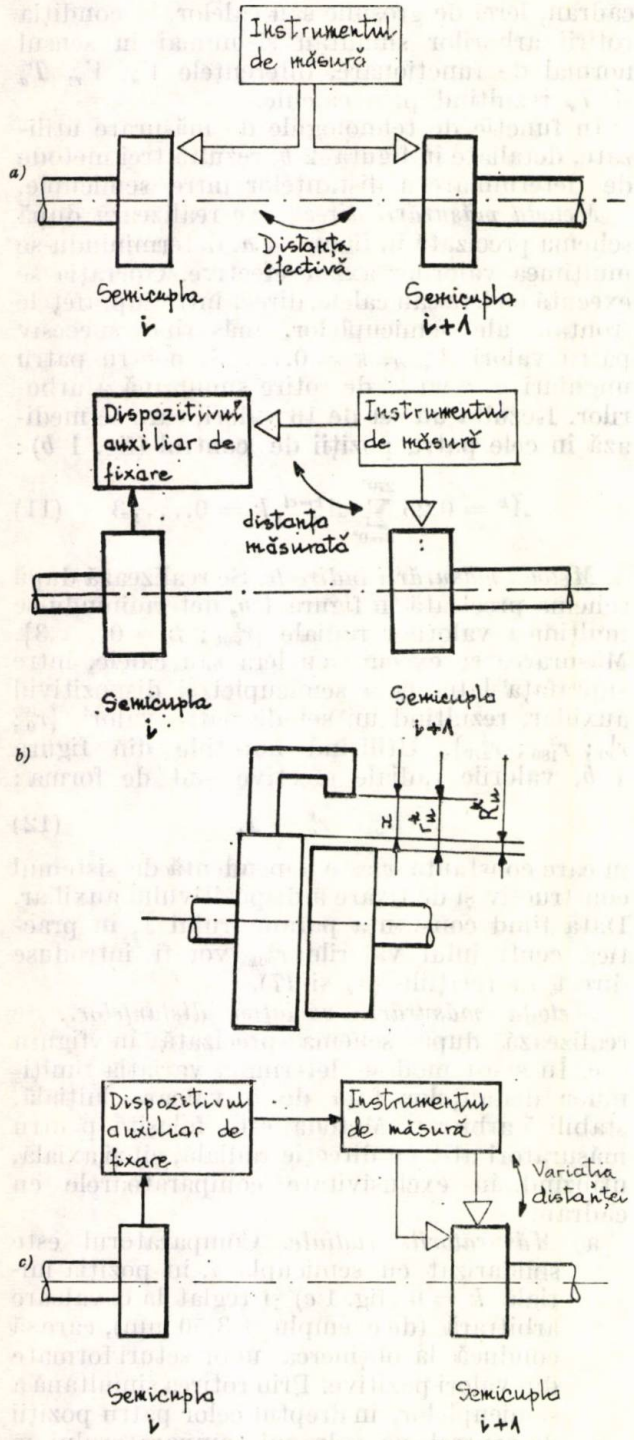


Fig. 4. Determinarea pozițiilor relative ale semicuplelor adiacente prin metoda directă (*a*), indirectă (*b*) și metoda variației distanțelor (*c*).

Ținînd seama de relațiile (5), (7) și (13), rezultă că valorile Δr^k_{90k} vor fi utilizate direct în calcule.

b) *Măsurătorile axiale.* Se determină cu ajutorul a două comparatoare (I și II), solidarizate cu semicupla i și amplasate diametral opus, în pozițiile inițiale $k^{\mathrm{I}}_0 = 1$ și respectiv $k^{\mathrm{II}}_0 = 3$ (fig. 1 *c*), citindu-se simultan variațiile $(\Delta a^{k_0+k}_u)^{\mathrm{I}}$ și $(\Delta a^{k_0+k}_u)^{\mathrm{I}}$, pentru $k = 0, \ldots, 3$. Rezultă un set de opt variații axiale, $(\Delta a^{1+k}_u)^{\mathrm{I}}$ și $(\Delta a^{3+k}_u)^{\mathrm{II}}$, care se mediază în cele patru poziții de control, utilizînd o relație de forma (fig. 1 *c*):

$$\overline{\Delta a}^k = 0{,}50\,[(\Delta a^k_{90(k-1)})^{\mathrm{I}} + (\Delta a^k_{90(k+1)})^{\mathrm{II}}]. \tag{14}$$

Distanțele axiale efective sînt:

$$\bar{A}^k_u = y + \overline{\Delta a}^k_u; \quad k = 0, \ldots 3, \tag{15}$$

în care distanța y, dintre suprafețele frontale, exclude atingerile accidentale ale semicuplelor în timpul efectuării măsurătorilor. Ținînd seamă de relațiile (4), (6) și (15), rezultă că valorile $\overline{\Delta}^k_{au}$ se utilizează direct în calcule.

Diferențele determinate cu ajutorul relațiilor (4) — (7) sînt identice, indiferent de metoda de măsurare aplicată.

Exactitatea valorilor axiale și radiale măsurate este confirmată de obținerea egalităților:

$$\bar{A}^0 + \bar{A}^2 = \bar{A}^1 + \bar{A}^3 \tag{16}$$

$$R^0 + R^2 = R^1 + R^3 \tag{17}$$

sau de variațiile acestora. Totodată, relațiile precizate mai sus pot fi utilizate în determinarea valorilor inferioare ($k = 2$), în cazul în care spațiul disponibil redus exclude posibilitatea măsurării lor.

Tehnologia de măsurare, indiferent de metoda aplicată, poate introduce erori care viciază valorile distanțelor măsurate. Pentru a verifica corectitudinea seturilor de valori, metodele vor avea în vedere și poziția $k = 4$ ($u = 360°$). Corectitudinea măsurătorilor este confirmată de obținerea identităților (fig. 1):

$$R^0_0 \equiv R^4_{360},\ r^0_0 \equiv r^4_{360} \text{ sau } \Delta r^0_0 \equiv \Delta r^4_{360}, \tag{18}$$

după caz, în funcție de metoda utilizată, și

$$[(\Delta a^1_0)^{\mathrm{I}} \equiv (\Delta a^3_0)^{\mathrm{II}}] \cap [(\Delta a^1_{360})^{\mathrm{I}} \equiv (\Delta a^3_{360})^{\mathrm{II}}] \tag{19}$$

În scopul sintetizării tuturor precizărilor făcute mai sus, în cele ce urmează este prezentat algoritmul de determinare a pozițiilor re-

lative ale semicuplelor adiacente, aplicate în cazul celor trei metode de măsurare analizate.

1. Identifică poziţiile de control $k = 0, \ldots, k = 4$, precum şi marcajele de poziţionare a semicuplelor.

2. Roteşte individual arborii, în sensul normal, pînă la coincidenţa marcajelor. Introdu bolţul de antrenare şi execută antrenarea

3. Roteşte simultan arborii, în sensul normal de funcţionare, aducînd marcajele în poziţia de control iniţială : $k = 0$, $u = 0°$. Stop. Detensionează mecanismul de antrenare.

4. Montează dispozitivul auxiliar de fixare şi instrumentele de măsură :

4.1. *Metoda (in)directă* — acţionează ştiftul. Pregăteşte calibrele şi calele.

4.2. *Metoda variaţiei* — comparatoarele se reglează la valoarea iniţială, + 3,50 mm.

5. Repetă *3* cu 360°. Stop. Detensionează mecanismul de antrenare.

6. Citeşte :

6.1. *Metoda (in)directă* — $\{A^4_{360};\ r^4_{360}\}$;

6.2. *Metoda variaţiei* — $\{\Delta r^4_{360};\ (\Delta a^1_{360})^{\mathrm{I}};\ (\Delta a^3_{360})^{\mathrm{II}}\}$.

Relaţiile (18) şi (19) se verifică în funcţie de metoda de măsurare :

da — execută *7*;
nu — analizează cauzele. Execută *4*.

7. Arborii sînt în poziţia de control iniţială, $k = 0$, $u = 0°$. Citeşte şi consemnează :

7.1. *Metoda (in)directă* — $\{r^0_0;\ A^0_0;\ A^1_0;\ A^2_0;\ A^3_0\}$

7.2. *Metoda variaţiei* — $\{\Delta r^0_0;\ (\Delta a^1_0)^{\mathrm{I}};\ (\Delta a^3_0)^{\mathrm{II}}\}$.

8. Roteşte simultan semicuplele, în sensul normal de funcţionare, cu $u = 90°$. Stop. Detensionează mecanismul de antrenare.

9. Citeşte şi consemnează :

9.1. *Metoda (in)directă* — $\{r^1_{90};\ A^0_{90};\ A^1_{90};\ A^2_{90};\ A^3_{90}\}$

9.2. *Metoda variaţiei* — $\{\Delta r^1_{90};\ (\Delta a^2_{90})^{\mathrm{I}};\ (\Delta a^0_{90})^{\mathrm{II}}\}$.

10. Repetă *8* şi *9* pentru $u = 90\ k°$, $k = 2$ şi $k = 3$. Rezultă :

10.1. *Metoda (in)directă* — $\{r^k_{90k};\ A^k_{u=ct};\ u = 90k\}$

10.2. *Metoda variaţiei* — $\{\Delta r^{0+k}_{90k};\ (\Delta a^{1+k}_{90k})^{\mathrm{I}};\ (\Delta a^{3+k}_{90k})^{\mathrm{II}}\}$

11. Repetă *10* pentru $k = 4$, semicuplele revenind în poziţia de control iniţială. Repetă *6* :

da — execută *12*;
nu — analizează cauzele. Execută *4*.

12. Calculează valorile axiale medii :

12.1 *Metoda directă* — relaţia (11).

12.2. *Metoda variaţiei* — relaţia (14).

13. Relaţiile (16) şi (17) se verifică :

da — execută *14*;
nu — analizează cauzele. Execută *4*.

14. Stabileşte poziţiile relative ale semicuplelor, calculînd diferenţele cu ajutorul relaţiilor (4)— (17). Interpretează. Stop.

3. Calculul deplasării rotorului

Originea sistemului de coordonate $<x, y, z>$ ataşat turboagregatului este situată spaţial în corpul de joasă presiune, în zona eşapării aburului la condensator, iar numerotarea şi orientarea componentelor tehnologice au ca punct de plecare carterul amplasat în frontul turbinei cu abur. Avînd în vedere aceste precizări, se consideră două rotoare calate pe cuzineţii $i, \ldots, i + 3$ (fig. 5). Sensul de rotaţie al arborilor este invers trigonometric. Deoarece semicuplele $i + 2$, $i + 3$ şi $i + 4$ s-au centrat anterior, se pune problema centrării rotorului din faţă după semicuplele $i + 1$* $i + 2$. Dacă rotorul calat pe cuzineţii $i + 2$ şi $i + 3$ nu s-a centrat după semicuplele $i + 3$ * $i + 4$, atunci el reprezintă *rotorul de referinţă*. Prin definiţie, acesta din urmă se centrează faţă de alezajele etanşărilor de ulei şi, împreună cu carcasa, se deplasează în plan vertical, în sensul atingerii pantelor longitudinale din proiect. Semicuplele rotorului de referinţă reprezintă repere necesare şi suficiente pentru centrarea după semicuple a celorlalte rotoare.

În cazul analizat, după măsurarea distanţelor axiale şi radiale între suprafeţele semicuplelor $i + 1$ şi $i + 2$, se impune verificarea satisfacerii simultane a restricţiilor (8) şi (9). Dacă cel puţin una dintre acestea nu este respectată, este necesară deplasarea spaţială a rotorului, prin intermediul lagărelor i şi $i + 1$, pentru corectarea poziţiei relative a semicuplei $i + 1$ faţă de semicupla de referinţă.

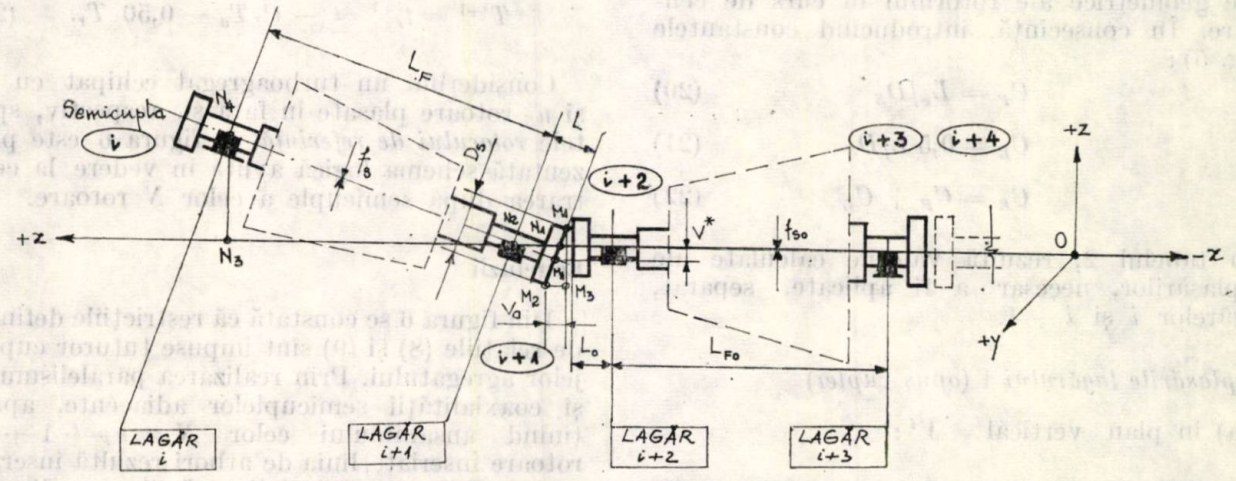


Fig. 5. Calculul deplasării rotorului în scopul corectării centrării după semicuple.

Tabelul 2

Calculul deplasării rotorului

Mărimea	Planul		Observații (fig. 5)
	Vertical	Orizontal	
	Centrarea rotorului în direcție axială		
Diferența valorilor distanțelor diametral opuse	$V_a = \bar{A}_0 - \bar{A}^2$ sau $V_a = \overline{\Delta a^0} - \overline{\Delta a^2}$	$T_a = \bar{A}^1 - \bar{A}^3$ sau $T_a = \overline{\Delta a^1} - \overline{\Delta a^3}$	Relațiile (4), respectiv (6)
Deplasarea lagărului i (opus cuplei $i+1$*$i+2$), în scopul corectării distanțelor	$v_a^i = -L_F\, V_a/D_S$	$t_a^i = -L_F\, T_a/D_S$	În plan vertical. $\Delta N_2N_3N_4 \sim \Delta M_1M_2M_3$: $V_a/(-1)\; v_a^i = D_S/L_F$. Similar rezultă în planul orizontal
Dezaxarea radială	$v^* = -Lv_a^i/L_F$	$t^* = -Lt_a^i/L_F$	Deplasarea lagărului i are ca efect secundar bascularea rotorului în jurul lagărului $i+1$. Deoarece $\Delta N_2N_3N_4 \sim \Delta N_1N_2M_4$, rezultă: $(-1)\; v^*/v_a^i = L/L_F$
	Centrarea rotorului în direcție radială		
Diferențele valorilor distanțelor diametral opuse	$V_r = R^0 - R^2$. $V_r = r^0 - r^2$ sau $V_r = \Delta r^0 - \Delta r^2$	$T_r = R^1 - R^3$, $T_r = r^1 - r^3$ sau $T_r = \Delta r^1 - \Delta r^3$	Relațiile (5) și respectiv (7)
Dezaxarea totală	$V^* = V_r + v^*$	$T^* = T_r + t^*$	
Deplasările simultane ale lagărelor i și $i+1$	$v_r^i = v_r^{i+1} = -0{,}50\,V^*$	$t_r^i = t_r^{i+1} = -0{,}50\;T^*$	Translație în vederea reducerii dezaxării

Deplasările rotorului, în plan vertical și, separat, orizontal, necesare pentru centrarea acestuia după semicuplele $i+1$*$i+2$, sînt calculate în tabelul 2. Semnele utilizate indică deplasările orientate ale lagărelor, în sistemul de coordonate $<x, y, z>$ atașat agregatului. Deplasările se execută prin iterații, utilizînd succesiv și selectiv în principal două procedee:

— repoziționînd carterele;

— repoziționînd cuzinetii inferiori în alezajele proprii, ambele avînd drept efect modificarea pozițiilor spațiale ale punctelor de reazem aparținînd rotorului considerat. Valorile deplasărilor lagărelor i, opus semicuplei, și $i+1$, alăturat ei, s-au stabilit avînd în vedere constantele geometrice ale rotorului în curs de centrare. În consecință, introducînd constantele (fig. 5):

$$C_F = L_F/D_S \tag{20}$$

$$C_L = 0{,}5\,L/D_S \tag{21}$$

$$C_R = C_F + C_L \tag{22}$$

din tabelul 2, rezultă valorile calculate ale deplasărilor, necesar a fi aplicate, separat, lagărelor i și $i+1$.

Deplasările lagărului i (*opus cuplei*)

a) în plan vertical $= V^i$:

$$V^i = v_a^i + v_r^i = -C_RV_a - 0{,}50\;V_r. \tag{23}$$

Cînd $V^i > 0$ ($V^i < 0$), lagărul se va deplasa în sus (jos);

b) în plan orizontal $= T^i$;

$$T^i = t_a^i + t_r^i = -C_RT_a - 0{,}50\;T_r. \tag{24}$$

Cînd $T^i > 0\,(T^i < 0)$, lagărul se va deplasa lateral spre dreapta (stînga).

Deplasările lagărului $i+1$ (*alăturat cuplei*).

a) în plan vertical $= V^{i+1}$;

$$V^{i+1} = v_r^{i+1} = -C_LV_a - 0{,}50\;V_r; \tag{25}$$

b) în plan orizontal $= T^{i+1}$:

$$T^{i+1} = t_r^{i+1} = -C_LT_a - 0{,}50\;T_r. \tag{26}$$

Considerînd un turboagregat echipat cu n_F și n_S rotoare plasate în fața și, respectiv, spatele *rotorului de referință*, în figura 6 este prezentată schema logică avută în vedere la centrarea după semicuple a celor N rotoare.

Concluzii

Din figura 6 se constată că restricțiile definite de relațiile (8) și (9) sînt impuse tuturor cuplajelor agregatului. Prin realizarea paralelismului și coaxialității semicuplelor adiacente, aparținînd ansamblului celor $N = n_F + 1 + n_S$ rotoare înseriate, linia de arbori rezultă înscrisă pe o curbă care materializează fibra medie de-

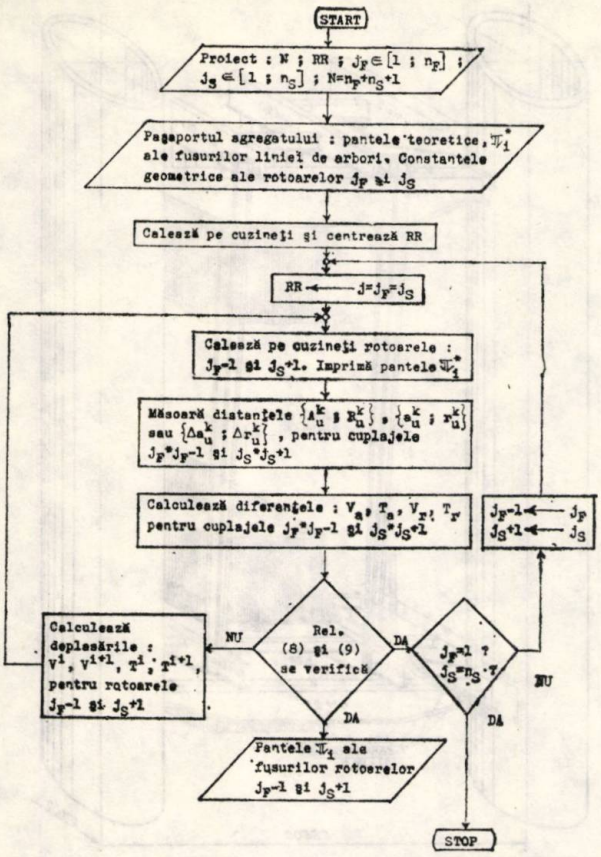


Fig. 6. Schema logică a centrării după semicuple a N rotoare aparținînd unui turboagregat

RR — rotor de referință; j_F, j_S — rotor plasat în față, respectiv spatele RR; n_F, n_S — numărul total de rotoare plasate în față, respectiv spatele RR; π_i^*, π_i — panta logitudinală teoretică, respectiv reală a fusului i.

formată a rotoarelor cuplate (figura 7). Curba prezintă cele două extremități sensibil mai ridicate față de rotorul de referință. În consecință, simultan cu îndeplinirea restricțiilor (8) și (9), condiția de centrare a rotoarelor impune

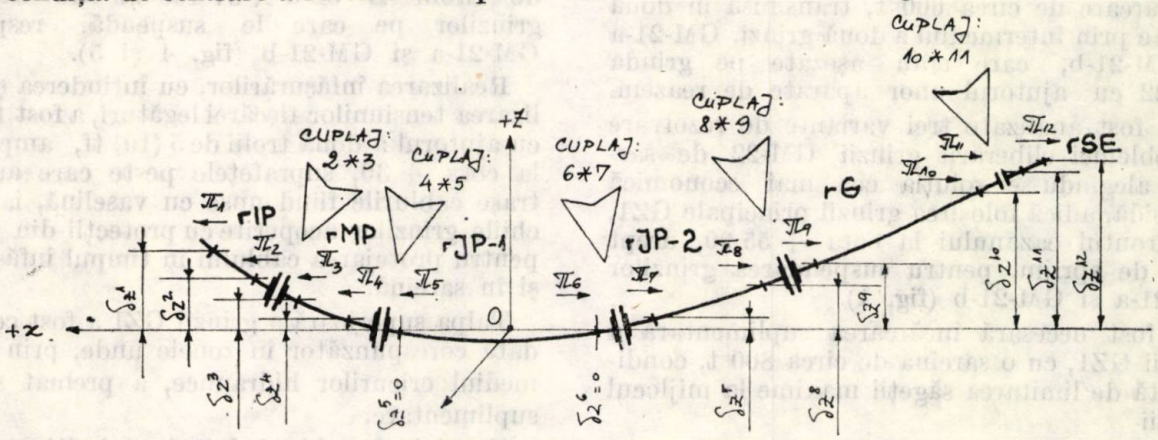


Fig. 7 a

Fig. 7 b

Fig. 7. Linia de arbori a turboagregatului echipat cu cinci (a) și șase (b) rotoare (π_i — panta longitudinală a fusului i).

și imprimarea unor pante longitudinale, diferite ca valoare, pentru fiecare rotor în parte. Sensul pantelor logitudinale este identic pentru fiecare din cele două grupe de rotoare, plasate în fața sau în spatele rotorului de referință.

Pentru fiecare cuplaj al turbinei cu abur, condițiile (8) și (9) se vor aplica semicuplei $i-1$ a unui rotor, după semicupla i aparținînd rotorului centrat anterior, în cazul turbogeneratorului ordinea fiind inversă.

Linia de arbori este dependentă de poziția rotorului de referință. În cazul turboagregatelor moderne, de mare și foarte mare putere, rJP (uzual aferent primului corp de joasă presiune) constituie rotorul de referință. Ca urmare, rotoarele se vor centra după semicuple, prin iterații, după schema : rJP → centrarea după semicuplele rJP*rMP → rMP → centrarea după semicuplele rMP*rIP → rIP, la care se adaugă simultan : rJP → centrarea după semicuplele rJP*rG → rG → centrarea după semicuplele rG*rSE → rSE.

Necesitatea asigurării coaxialității spațiale între componentele statorice și cele rotorice va impune centrarea în plan vertical a carterelor și carcaselor turboagregatului, în concordanță cu pantele longitudinale ale liniei de arbori.

Abrevieri

rIP, rMP, rJP — rotorul de înaltă, medie, respectiv joasă presiune al turbinei cu abur;
rG — rotorul turbogeneratorului;
rSE — rotorul sistemului de excitație.

Bibliografie

[1] Manea, Gh. *Organe de mașini*, vol. 1, Editura tehnică, București, 1970.

Tehnologia de suspendare a planșeului cotei +30,0 m la cazanul de 1035 t/h CTE Brăila, pentru modificarea grinzii frontale la cota 28,50 m

Ing. **Dan Romedea**

În perioada în care la cazanul de abur de 1035 t/h lucrările de montare se găseau în faza de finisare, au survenit modificări ale valorilor distanțelor minime dintre conductele de abur supraîncălzit intermediar cald și partea superioară a grinzii frontale de la cota 28,5 m.

Noile condiții tehnice puteau fi realizate pe două căi, și anume:

1. Modificarea traseelor conductelor de abur, fapt ce implica obținerea avizului și proiectului de modificare de la furnizorul străin, concomitent cu importarea unor noi suporți ai conductelor. Această soluție reprezenta, în afara efortului valutar important, necesar obținerii documentației și a materialului de import, și o întîrziere substanțială a lucrărilor de punere în funcțiune, care s-ar fi concretizat prin pierderi economice.

2. Modificarea părții superioare a grinzii frontale GM-22, în zona unde traseul conductelor de abur trecea deasupra acesteia, fapt ce se putea realiza mult mai ușor, deoarece proiectul și echipamentul era românesc.

S-a optat pentru cea de-a doua soluție, care implica însă eliberarea de orice încărcări a grinzii ce urma să fie modificată și consolidată în mod corespunzător.

În urma unui calcul, efectuat de ISPE București, a rezultat că grinda GM-22, suportă o încărcare de circa 600 t, transmisă în două puncte prin intermediul a două grinzi, GM-21-a și GM-21-b, care erau așezate pe grinda GM-22 cu ajutorul unor aparate de reazem.

Au fost analizate trei variante de rezolvare a problemei eliberării grinzii GM-22 de sarcini, alegîndu-se soluția cea mai economică și rapidă, adică folosirea grinzii principale GZ1, din frontul cazanului la cota + 55,90, drept bază de sprijin, pentru suspendarea grinzilor GM-21-a și GM-21-b (fig. 1).

A fost necesară încărcarea suplimentară a grinzii GZ1, cu o sarcină de circa 800 t, condiționată de limitarea săgeții maxime la mijlocul grinzii

$$f_{max} \leqslant 45 \text{ mm}$$

Tehnologia de ridicare și suspendare a grinzilor GM-21-a și GM-21-b a fost concepută și aplicată astfel:

Două grinzi duble chesonate (fig. 2) au fost așezate pe talpa superioară a grinzii GZ1,

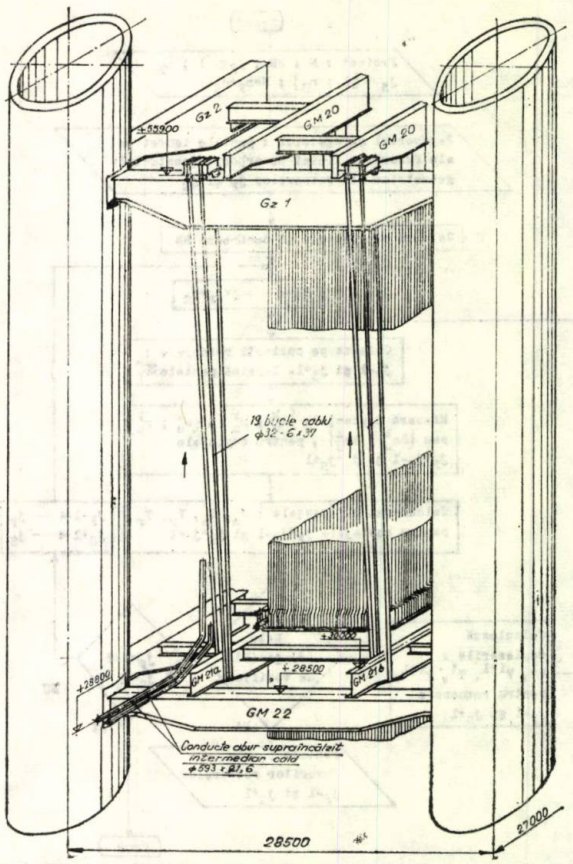


Fig. 1. Schema de ridicare cu cricuri hidraulice pe grinda GZI a grinzilor GM 21—a și GM 21-b

prin intermediul a patru cricuri hidraulice de 100 t, pentru fiecare grindă chesonată (fig. 3).

Fiecare grindă-cheson, asigurată împotriva deplasărilor transversale și longitudinale prin profile, care îi permit însă deplasarea pe verticală, este legată prin intermediul a 19 bucle de cablu Ø 32-6 × 37-160-s/z de capetele grinzilor pe care le suspendă, respectiv GM-21-a și GM-21-b (fig. 4 și 5).

Realizarea înfășurărilor, cu întinderea și egalizarea tensiunilor fiecărei legături, a fost făcută cu ajutorul a două trolii de 5 (10) tf, amplasate la cota + 30, suprafețele peste care au fost trase cablurile fiind unse cu vaselină, iar muchiile grinzilor acoperite cu protecții din țeavă, pentru protejarea cablului în timpul înfășurării și în sarcină.

Talpa superioară a grinzii GZI a fost consolidată corespunzător în zonele unde, prin intermediul cricurilor hidraulice, a preluat sarcini suplimentare.

Capetele de cablu de la prima și ultima buclă, pentru fiecare înfășurare, au fost prinse cu cleme mecanice.

Planșeul cotei + 30,0 fiind complet montat și evaluarea exactă a sarcinilor ce erau transmise grinzii GM-22 prin intermediul grinzilor GM-21-a și 21-b fiind extrem de difi-

cilă, s-a considerat în calcul o sarcină majorată la 800 t, ceea ce a condus la alegerea a opt cricuri de 100 tf fiecare, pentru acţionare, coeficientul de siguranţă pentru cablurile de tracţiune fiind ales $K = 5$.

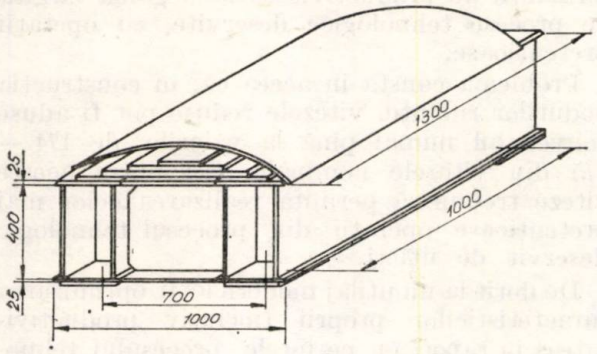


Fig. 2. Grindă-cheson.

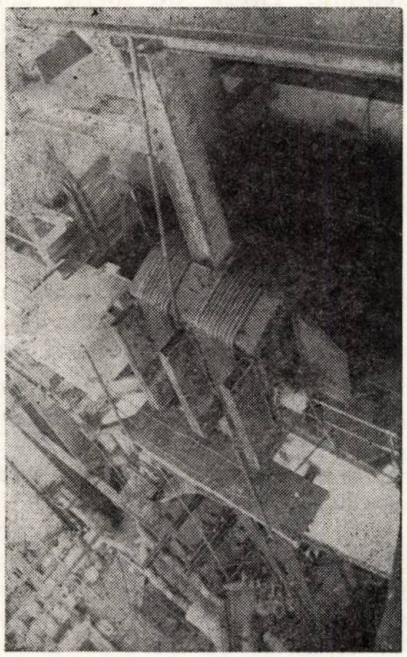


Fig. 3.

Pentru urmărirea evoluţiei presiunii din fiecare cilindru, toate cricurile au fost prevăzute cu ştuţuri de montare a manometrelor.

Măsurarea precisă a descărcării grinzii GM—22 şi a încărcării grinzii GZ1 a fost făcută cu ajutorul a două rigle gradate din mm în mm şi al indicatoarelor respective, prin care s-a urmărit variaţia săgeţilor fibrelor medii la cele două grinzi.

Citirile valorilor săgeţilor au fost făcute permanent de observatori, concomitent cu urmărirea momentului desprinderii grinzilor GM-21-a şi GM-21-b de pe talpa superioară a grinzii GM-22.

La terminarea operaţiei de suspendare, cricurile hidraulice au fost blocate cu ajutorul unor semiflanşe montate între corpurile cricurilor şi tălpile inferioare ale grinzilor-cheson, după care a început operaţia de modificare a grinzii GM-22 (complet descărcată de sarcini).

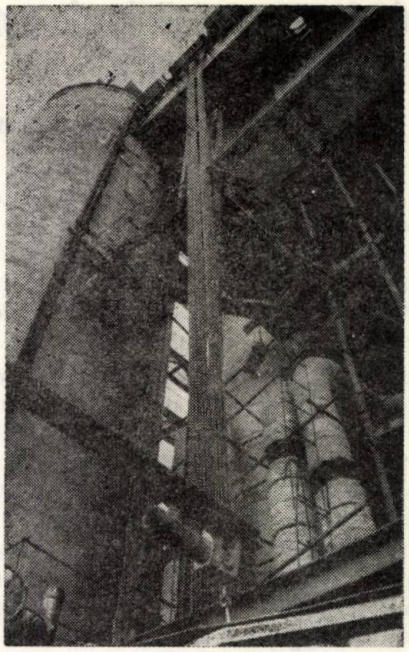


Fig. 4

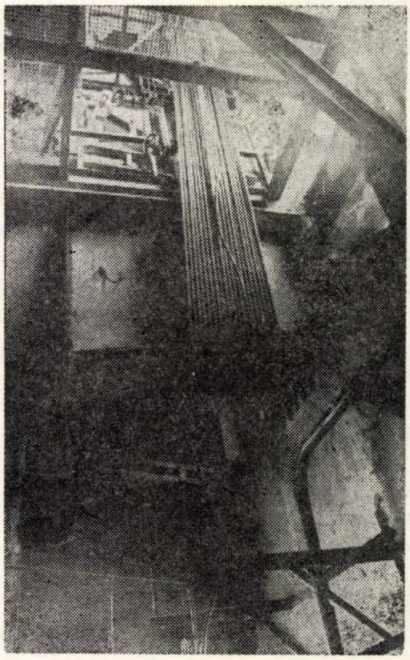


Fig. 5.

Soluţia prezentată a fost realizată într-o perioadă de timp foarte mică : 6 zile — operaţiile pregătitoare, 8 ore — operaţia de suspendare a grinzilor GM-21-a şi 21-b pentru eliberarea de sarcini a grinzii GM-22, cursa cricurilor hidraulice limitîndu-se la valoarea de 150 mm.

Acest fapt a permis, concomitent cu o economie valutară importantă, şi respectarea termenului de punere în funcţiune a instalaţiei.

Viteze de lucru admisibile ale podurilor rulante din sala mașinilor

Ing. **Damian Mureșan**

Articolul de față urmărește să prezinte îndeosebi geneza și rezultatele unui studiu mai restrîns în legătură cu problema generală a compatibilității dintre caracteristicile utilajului (mijlocului de muncă) și caracteristicile procesului tehnologic pe care îl deservește.

În anul 1975, la una din centralele electrice s-a întrerupt montajul turbinelor cu abur, deoarece vitezele de lucu ale podului rulant din sala mașinilor nu permiteau realizarea operațiilor de asamblare a elementelor componente fără riscul deteriorării unor piese foarte costisitoare (de exemplu rotoarele turbinei). Viteze neadecvate realizării unor operații tehnologice s-au mai semnalat și la alte centrale, dar lucrările n-au fost sistate. Dotarea mixtă a acestor centrale (cu poduri rulante de import și de construcție indigenă) a permis depășirea incompatibilității unor viteze de lucru cu cerințele procesului tehnologic de montaj al turbinelor, prin substituirea reciprocă a podurilor în utilizare.

Prin renunțarea la importul podurilor rulante, sălile mașinilor din centralele electrice au fost dotate exclusiv cu construcții românești corespunzătoare, însă la care se manifestă tendința creșterii vitezelor de lucru, ajungînd ca unele exemplare să contravină cerințelor unor operații tehnologice. Aceasta nu înseamnă — așa cum a rezultat din studiu — că podurile de import s-au dovedit fără cusur, adaptate optim la cerințele procesului tehnologic. Tendința generală — și, în același timp, normală — a constructorilor de utilaje de ridicat-transportat este de a mări productivitatea utilajului. Creșterea productivității utilajului prin factorul viteză este împinsă pînă la limita stăpînirii efectelor dinamice asupra construcției proprii și a construcției portante. Proprietatea utilajului de a funcționa cu viteze nominale mărite, dar și cu viteze reduse, este o soluție ingenioasă de adaptare a utilajului cu performanțe de productivitate la o gamă lărgită de procese tehnologice deservite, cu operații pretențioase.

Problema constă în aceea că, în construcția podurilor rulante, vitezele reduse pot fi aduse convenabil numai pînă la valorile de 1/4 — 1/5 din vitezele nominale. Cel puțin aceste viteze trebuie să permită realizarea celor mai pretențioase operații din procesul tehnologic deservit de utilaj.

De dorit la un utilaj modern ar fi optimizarea caracteristicilor proprii (inclusiv productivitatea) în raport cu cerințele procesului tehnologic deservit, pentru o eficiență globală. Spre exemplu, viteze de lucru mai mari sau mai mici decît cele tehnologic necesare conduc, în ambele cazuri, la scăderea productivității muncii pe ansamblul procesului de producție.

Avînd în vedere cele arătate, studiul nu s-a limitat la remedierea exceselor de viteză la unele poduri rulante în exploatare, ci a vizat și a reușit să rezolve satisfăcător problema stabilirii unor viteze de lucru admisibile ale podurilor rulante din sala mașinilor în corespondență cu specificul procesului tehnologic. Rezultatele sînt sintetizate în tabelul de mai jos.

Cercetarea s-a făcut pe mulțimea podurilor rulante (de fabricație sovietică, cehoslovacă, franceză, românească) instalate pînă în anul 1975 în sălile mașinilor din diverse centrale cu grupuri energetice între 50 și 330 MW. Analiza vitezelor de lucru, după extrasele din documentația tehnică, reliefează o dispersie pronunțată a vitezelor nominale de deplasare (63—23 m/min pentru pod și 25—11 m/min pentru cărucior), deși cerințele tehnologice la montajul turboagregatelor sînt practic identice în gama

Tabelul 1

Viteze de lucru admisibile ale podurilor rulante din sala mașinilor

Capacitatea de ridicare principală/secundară t	Viteze de lucru admisibile, m/min							
	Cîrlig principal		Cîrlig secundar		Deplasare cărucior		Deplasare pod	
	Viteză nom.	Viteză redusă	Viteză nom.	Viteză redusă	Viteză nom.	Viteză redusă	Viteză nom.	Viteză redusă
32/8	2,5—4	0,6—0,8	6,3—8	1,6—2	20	4—5	32	6—8
50/12,5	2,5	0,6	8	2	20	5	32	8
					20	4	32	6
80/20	1,6	0,3	8	2	12,5	3	32	8
							32	6
100/20	0,8—1,0	0,2—0,3	8—10	1,6—2	12	3	25	5—6
							32	6—8
125/20	0,8—1,0	0,2—0,3	8—10	1,6—2	12	3	25	5—6

de puteri precizată. Multe poduri nu posedă viteze reduse, altele nu le au specificate. Majoritatea podurilor posedă viteze reduse numai pe ridicarea principală, iar cele cu viteze reduse pe toate mişcările sînt în număr restrîns. Se constată, de regulă, la podurile existente că viteza de deplasare a căruciorului este totdeauna mult mai mică decît cea a podului (într-un raport de 1 :2 ÷ 1 : 4). La montajul turbinelor, pretenţiile tehnologice sînt aproape identice pe cele două direcţii reciproc perpendiculare (longitudinală/transversală). Turbinele se amplasează longitudinal sau transversal în sala maşinilor, ceea ce implică cerinţa ca podul şi căruciorul să-şi poată comuta sarcinile tehnologice, respectiv să existe viteze reduse pe ambele deplasări şi de valori aproximativ egale. Desigur, aspectele menţionate au justificările lor tehnice, dar evidenţiază în acelaşi timp că particularităţile procesului tehnologic deservit de utilaj au fost insuficient luate în considerare.

Viteze de lucru compatibile cu procesul tehnologic (inclusiv vitezele la limita tehnologic admisă) s-au stabilit pe baza următoarelor criterii :

— au asigurat, în practica de montaj, realizarea normală sau la limită a operaţiilor tehnologice de asamblare-montaj (operaţiile ultime deţin ponderea în raport cu operaţiile de transport) ;

— au întrunit opţiunea majorităţii montorilor care le-au utilizat ;

— au fost confirmate prin testele tehnologice efectuate.

Valorile obţinute s-au utilizat pentru stabilirea vitezelor de lucru admisibile ale podurilor rulante din sala maşinilor, redate pe capacităţi în tabelul anexat, ţinînd seama, suplimentar, de următoarele criterii :

— vitezele admisibile să fie limite maxime admise de procesul tehnologic, pentru a nu defavoriza productivitatea muncii ;

— să se regăsească maximul posibil în construcţiile româneşti de poduri rulante existente în fabricaţie sau în documentaţia de proiectare elaborată.

Practica de montaj a ultimilor ani şi orientarea adusă în alegerea podurilor rulante pentru noile investiţii au dovedit utilitatea precizării vitezelor admisibile ale podurilor rulante din sala maşinilor. O influenţă pozitivă se va reflecta şi în activitatea de reparaţii din centralele electrice.

Tehnologii noi privind montarea blindajelor galeriilor forţate la centrale hidroelectrice de mare cădere

Ing. Dan Scorţea

1. Consideraţii generale

Puţul forţat şi galeria forţată, sau conducta forţată, este un uvraj amplasat pe traseul aducţiunii apei de la lacul de acumulare la centrală (turbine), şi de regulă pe ultima porţiune a acesteia (fig. 1). Datorită acestei amplasări, solicitările la care este supus uvrajul sînt mari (presiuni statice între 10 şi 100 at şi viteze ale apei de pînă la 10 m/s) şi necesită condiţii speciale de proiectare şi execuţie. De aceea puţul sau galeria forţată se realizează prin introducerea în interiorul excavaţiei a unei mantale de tablă (blindaj sau căptuşeală metalică),

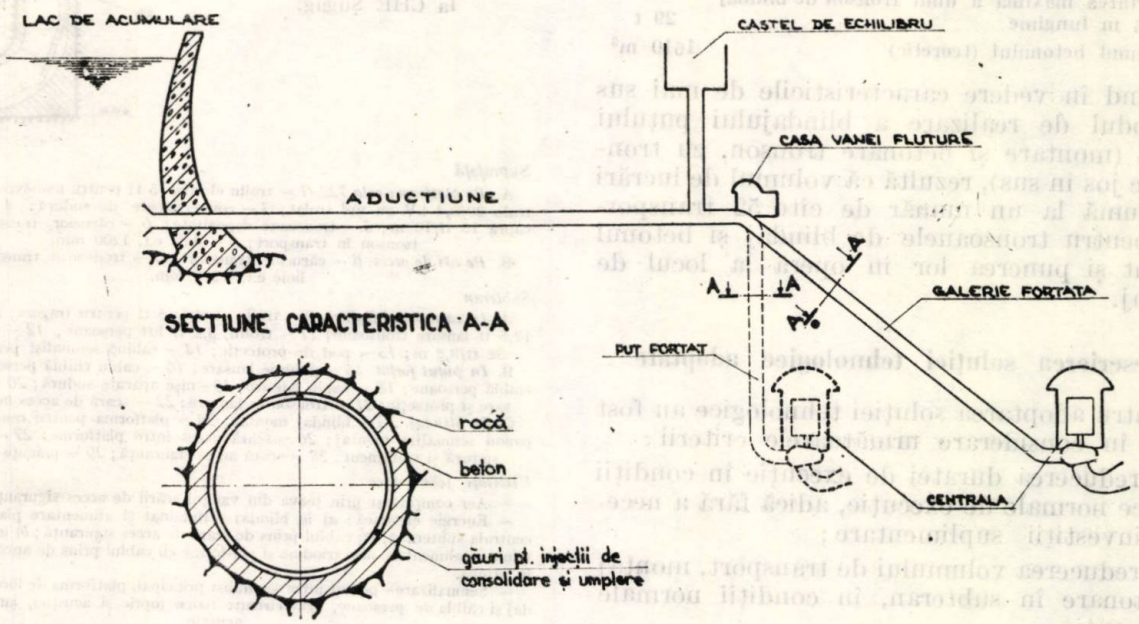


Fig. 1.

după care spațiul rămas între aceasta și excavație se betonează și se consolidează prin injecții de umplere (secțiunea caracteristică în fig. 1).

Adoptarea soluției cu puț forțat (în loc de conductă sau galerie forțată), la unele dintre centralele hidroelectrice care s-au construit sau se constuiesc în țara noastră (CHE Argeș, CHE Șugag și CHE Tismana), are avantajul că volumul de excavații, blindaje și betoane este mult redus față de celelalte soluții.

Datorită însă faptului că accesul pentru executarea unui astfel de uvraj este foarte dificil, lucrările de realizare a acestuia se înscriu pe drumul critic al graficului de execuție a întregii amenajări.

Avînd în vedere cele expuse, articolul de față își propune prezentarea unei soluții tehnologice de mecanizare, în scopul utilizării mai raționale a utilajelor de mare mecanizare (atît la betonare cît și la montaj), al măririi productivității muncii, reducerii duratei totale de execuție a lucrării, cu cheltuieli cît mai reduse, fără a aduce modificări esențiale sau supradimensionări ale construcției definitive.

2. Volume de lucrări

Pentru aprecierea volumelor de lucrări de montare și betonare a blindajului, se va analiza concret proiectul puțului de la UHE Șugag, care are următoarele caracteristici :

— diametrul interior al blindajului	3,2 m
— diametrul secțiunii excavate	4,1 m
— înălțimea puțului	312,0 m
— grosimea tolei blindajului	12 + 45 mm
— lungimea maximă de livrare a tronsoanelor de blindaj, din fabrică	6,0 m
— greutatea totală a blindajului	635 t
— greutatea maximă a unui tronson de blindaj de 6 m lungime	29 t
— volumul betonului (teoretic)	1610 m³

Avînd în vedere caracteristicile de mai sus și modul de realizare a blindajului puțului forțat (montare și betonare tronson, cu tronson de jos în sus), rezultă că volumul de lucrări se rezumă la un număr de cîte 52 transporturi pentru tronsoanele de blindaj și betonul aferent și punerea lor în operă la locul de montaj.

3. Descrierea soluției tehnologice adoptate

Pentru adoptarea soluției tehnologice au fost luate în considerare următoarele criterii :

— reducerea duratei de execuție în condiții tehnice normale de execuție, adică fără a necesita investiții suplimentare ;

— reducerea volumului de transport, montaj și betonare în subteran, în condiții normale de execuție :

— posibilitatea aplicării soluției tehnologice prin utilizarea unor utilaje existente sau posibil de realizat prin autodotare ;

— posibilitatea utilizării intensive a utilajelor de transport prin folosirea lor în comun la montaj și betonare.

Condițiile oferite de configurația construcțiilor și utilajelor prevăzute la această investiție au permis adoptarea unei soluții tehnologice unitare pentru montare și betonare, fără a face modificări ale construcțiilor, și cu utilizarea unor utilaje de mare mecanizare de producție curentă.

Pentru accesul personalului de execuție, introducerea tronsoanelor de blindaj și a betonului, pînă la locul de punere în operă, se va utiliza galeria de acces în casa vanei-fluture și grinzile podului rulant de 32 tf/8,5 m existente. Accesul se va face deci, în mod curent, de sus în jos pe puț, cu ajutorul unor instalații ce se vor realiza în acest scop, conform schemei-bloc din figura 2.

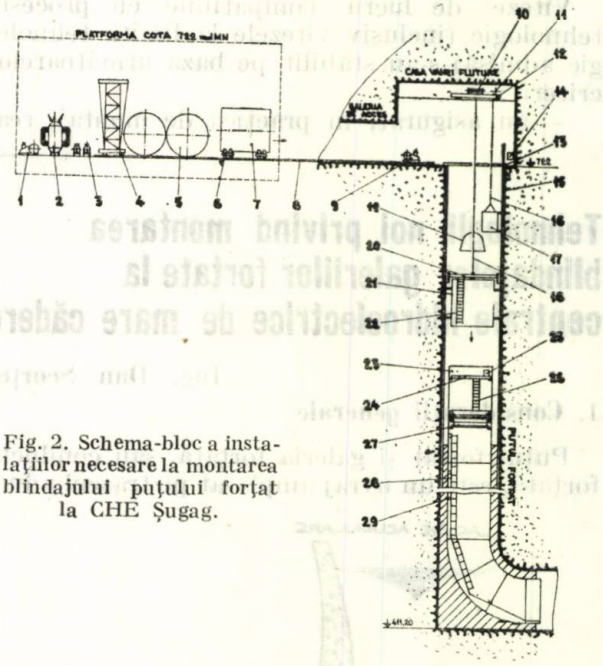


Fig. 2. Schema-bloc a instalațiilor necesare la montarea blindajului puțului forțat la CHE Șugag.

Suprafață

A. *Pe platforma cota 722. 1* — troliu electric 5 tf pentru manevre ; *2* — post trafo 20/0,4 kV cu nul izolat ; *3* — convertizoare de sudură ; *4* — macara-capră 15 tf/10 m ; *5* — tronsoane depozitate ; *6* — cărucior transport ; *7* — tronson în transport ; *8* — linie c.f. 1200 mm.

B. *Pe căi de acces. 6* — cărucior transport ; *7* — tronson în transport ; *8* — linie c.f. 1 200 mm.

Subteran

A. In casa vanei-fluture. 9 — troliu electric 5 tf pentru tragere ; *10* — troliu 12,5 tf lansare tronsoane ; *11* — troliu 3,2 tf lift persoane ; *12* — pod rulant 32 tf/8,5 m ; *13* — pod de protecție ; *14* — cabină semnalist principal.

B. *In puțul forțat. 15* — ghidaje lansare ; *16* — cablu chiblă persoane ; *17* — chiblă persoane ; *18* — cablu lansare ; *19* — nișe aparate sudură ; *20* — pod lansare și protecție ; *21* — tronson în lansare ; *22* — scară de acces în blindaj.

C. *In blindaj. 23* — blindaj montat ; *24* — platforma pentru centraj ; *25* — panou semnalist montaj ; *26* — scară acces între platforme ; *27* — platformă sudură și tratament ; *28* — scară acces siguranță ; *29* — plăcuțe sudate.

Utilități tehnologice

— Aer comprimat prin țeava din vangul scării de acces siguranță.

— Energie electrică : *a*) în blindaj — iluminat și alimentare platforme din centrala subterană, cu cablul prins de scara de acces siguranță ; *b*) în puț — iluminat și alimentare nișe triodine și platforme cu cablul prins de ancorele bătute în stîncă.

— Semnalizare — pe puț între semnalist principal, platforma de lucru din blindaj și chibla de persoane, prin circuite fizice (optic și acustic), iar la troliști acustic.

Alegerea pasului de montaj și betonare s-a făcut în funcție de capacitatea de ridicare a instalațiilor ce se pot realiza cu utilajele de producție curentă și cu posibilitățile de preasamblare a tronsoanelor în fabrică.

Analizînd și duratele de execuție ce se pot realiza cu pași de 2, 4, 6, 8 și 10 m (tabelul 1), se consideră ca optimă din punctul de vedere al posibilităților de realizare soluția cu pas de 6 m. Soluțiile cu pas de 8 și 10 m, chiar dacă oferă avantajul reducerii unor cheltuieli de manoperă, nu se pot adopta, datorită faptului că necesită modificări esențiale ale construcțiilor definitive și utilaje speciale.

Avînd în vedere pasul de montaj și betonare adoptat (6 m) și condițiile de acces oferite de construcția existentă (galeria de acces, casa vane-fluture, pod rulant 32 tf/8,5 m), procesul tehnologic se va desfășura ca o succesiune de faze de montaj și betonare începînd de jos în sus, astfel :

— se transportă și se introduce de sus în jos primul tronson de blindaj ;

— se centrează și se fixează la baza puțului forțat ;

— se transportă și se introduce de sus în jos volumul de beton necesar betonării primului tronson ;

— se pune în operă betonul ;

— se repetă în continuare operațiile descrise pentru al doilea tronson (și următoarele), așezîndu-l peste cel montat anterior, avansînd astfel în sus.

Pentru asigurarea unui flux continuu la lucrările de montaj și betonare, este necesară respectarea riguroasă a unui program tehnologic de lucru (tabelul 2), pe baza căruia sînt evidențiate lucrările care se înscriu pe drumul critic al unui ciclu de montaj-betonare, precum și lucrările care se pot executa în paralel. Acest program tehnologic de lucru a fost întocmit pe baza graficului-rețea al lucrării prezentat în figura 3.

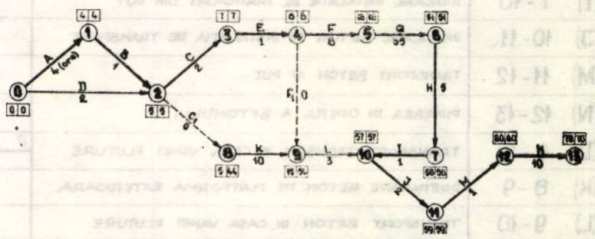


Fig. 3. Grafic-rețea la un ciclu complet de montare și betonare a unui tronson (durata în ore). Operațiile $A \ldots N$ conform tabelului 2.

4. Mecanizarea lucrărilor

Pentru executarea lucrărilor de montaj și betonare a tronsoanelor blindajului puțului forțat, se va executa o organizare tehnolo-

Tabelul 1

Analiza duratelor de montaj pentru diferite mărimi ale pasului de montaj și betonare

Nr crt.	Pasul de montaj și betonare, m	Greutatea maximă de transport t	Numărul de pași de montare și betonare	Durata medie a unui transport complet (tronson + beton) ore	Numărul sudurilor de montaj	Durata medie a centrării sudării și betonării unui tronson zile	Durata totală a transporturilor $\frac{\text{col. 3} \times \text{col. 4.}}{24}$	Durata totală de execuție col. 7+col. 5× × col. 6	Observații
1	2	9,7	156	9	156	2	58	370	1 troliu 12,5 tf Tachelaj cu 1 fir v =9 m/min
2	4	19,4	78	12	78	2,5	39	234	1 troliu 12,5 tf Tachelaj cu 2 fire v = 4,5 m/min
3	6	29,1	52	13	52	3	28	184	2 trolii 12,5 tf Tachelaj cu 4 fire v = 4,5 m/min
4	8	38,8	39	16	39	4	26	182	2 trolii 12,5 tf modificate Tachelaj cu 6 fire v = 3 m/mim
5	10	48,6	32	17	32	5	24	184	2 trolii 15 tf speciale Tachelaj cu 4 fire v = 4,5 m/min

Tabelu

Program tehnologic de lucru pentru montarea și betonarea unui tronson

Nr. crt.	Simbolul operației conf. Grafic rețea Anexa 4	DENUMIREA OPERATIEI	DURATA OPERATIEI, ORE
1	(A) 0 - 1	MUTARE PLATFORME DE LUCRU IN BLINDAJ PE NOUA POZITIE DE LUCRU	0 4
2	(B) 1 - 2	RIDICARE INSTALATIE DE TRANSPORT DIN PUT	4 5
3	(C) 2 - 3	INCARCARE TRONSON PE INSTALATIA DE TRANSP.	5 7
4	(E) 3 - 4	TRANSPORT TRONSON PE PUT LA LOCUL DE MONTAJ	7 8
5	(F) 4 - 5	CENTRARE SI HAPTUIRE TRONSON	8 16
6	(G) 5 - 6	SUDARE SI TRATAMENT TERMIC	16 51
7	(H) 6 - 7	CONTROL ULTRASONIC SI RECEPTIE SUDURA	51 56
8	(I) 7 - 10	RIDICARE INSTALATIE DE TRANSPORT DIN PUT	55 57
9	(J) 10 - 11	INCARCARE BETON PE INSTALATIA DE TRANSPORT	57 59
10	(M) 11 - 12	TRANSPORT BETON IN PUT	59 60
11	(N) 12 - 13	PUNEREA IN OPERA A BETONULUI	60 70
12	(D) 0 - 2	TRANSPORT TRONSON IN CASA VANEI FLUTURE	0 5
13	(K) 8 - 9	PREPARARE BETON PE PLATFORMA EXTERIOARA	5 44
14	(L) 9 - 10	TRANSPORT BETON IN CASA VANEI FLUTURE	13 54

gică complexă, conform schemei-bloc prezentate în figura 2. În principiu, organizarea tehnologică constă din :

— o platformă exterioară (la suprafață), destinată depozitării materialelor (stocurilor minime necesare tehnologice), și unde acestea se vor pregăti înainte de transport și punere în operă (astfel încît în subteran să rămînă cît mai puține operații de executat);

— instalațiile de acces pentru persoane și transport materiale pe puț;

— instalațiile și platformele de lucru în interiorul blindajului, care au rolul de a crea condițiile necesare personalului de execuție pentru a pune în operă materiale la locul de montaj sau betonare.

Întrucît organizarea și dotarea platformei exterioare este similară cu cea utilizată și la alte lucrări, în continuare se va face o descriere numai a instalațiilor de transport și de lucru din puț.

— Instalația pentru transportul tronsoanelor și al betonului pe puț este constituită prin amplasarea pe grinzile podului rulant de 32tf/8,5 m (la care nu se montează căruciorul) a două trolii de montaj de 12,5 tf. Prinderea tronsoanelor și a benei de betonare se va face prin intermediul unui cadru echipat cu role pentru întoarcerea cablurilor de tracțiune de la trolii. Acest sistem, constituit ca un tachelaj din patru fire, va avea sarcina de 28 tf și o viteză de 4,5 m/s.

— Instalația de transport persoane și materiale mărunte pe puț constă dintr-un troliu de montaj de 3,2 tf, amplasat pe grinzile metalice ale podului rulant de 32 tf/8,5 m și o colivie (chiblă sau cabină) de transport. Colivia va culisa pe un ghidaj vertical montat pe peretele excavației. Această instalație va fi de tip ascensor de șantier pentru coșuri de fum și va avea o sarcină utilă de 600 kg și o viteză de deplasare de 20 m/min.

Aceste două instalații vor fi dirijate de către o instalație complexă, comună, de semnalizare.

Rampa superioară a puțului va fi închisă cu un pod de protecție rabatabil, care se va putea deschide la trecerea coliviei ascensorului sau a sarcinilor transportate pe puț, în restul timpului stînd închis pentru a proteja personalul de execuție.

În interiorul blindajului se vor utiliza două platforme de lucru necesare personalului de montaj pentru executarea lucrărilor de centrare, sudare, tratament termic și control ultrasonic al sudurilor.

Pentru asigurarea unui acces suplimentar, în special pentru evacuarea personalului în cazul defectării unei instalații, pe toată lungimea puțului în interiorul blindajului, se va monta o scară cu coș. Scara va fi astfel concepută încît să constituie și conducta de transport al aerului comprimat necesar lucrărilor de montare și betonare.

Realizarea și autorizarea instalațiilor de transport pe puț se vor face conform „Prescripțiilor tehnice departamentale pentru proiec-

tarea, construirea, montarea, exploatarea și verificarea instalațiilor de ridicat pe puț, necesare executării lucrărilor de construcții-montaj ale amenajărilor hidroenergetice", indicativ PE 733/78.

5. Condiții speciale impuse lucrărilor de montare și betonare

Pentru asigurarea succesului la aplicarea tehnologiei descrise va fi necesară o bună coordonare a lucrărilor de construcții și montaj, cu respectarea strictă a proiectelor privind montarea confecțiilor speciale (tehnologice) și a graficului-rețea de desfășurare a lucrărilor.

Totodată se atrage atenția asupra următoarelor condiții necesare :

— antrenarea și autorizarea sudorilor pentru executarea sudurilor de montaj ;

— executarea sudurilor cu preîncălzire (tola fiind din tablă Aldur 50 D și OL 52 4 aK);

— executarea tratamentului termic (detensionarea) al sudurilor la tolă mai groasă de 30 mm, executate în V ;

— folosirea de aditivi întîrzietori la beton, datorită duratei mari de timp de la preparare pînă la punerea în operă.

Concluzii

Aplicarea soluției prezentate permite reducerea investiției cu circa 300 000 lei, prin reducerea volumului și caracteristicilor căruciorului podului rulant necesar la o asemenea lucrare.

Soluția permite optimizarea caracteristicilor instalațiilor de transport pe puț în scopul realizării acestora cu utilajele existente, prin varierea pasului de montare și betonare.

De asemenea, cu unele adaptări, instalațiile de transport pe puț pot fi utilizate și la alte faze de execuție a unui puț forțat (excavare de sus în jos a puțului, protecție anticorosivă după montaj).

Această soluție se va aplica pentru prima dată în 1980, la lucrările de execuție a puțului forțat de la CHE Șugag, pe Sebeș.

Abonaţi-vă la
Revista ENERGETICA!

CERERE DE ABONAMENT PERSONAL LA REVISTA „ENERGETICA"

Subsemnatul ..... din. întrepr .....
solicit un abonament pe anul 1980 la revista „Energetica", care va fi expediat pe numele subsemnatului, la adresa: localitatea ..... str .....
nr. ..... bl..... sc .... et ....ap. .... sect..... cod ..... judeţ .....

C/v abonamentului (30 lei) am achitat-o în contul 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti, ICEMENERG, prin m.p.nr. ..... din .....sau la casieria ICEMENERG cu chit. nr.....din .....

Orice schimbare a adresei de mai sus o voi comunica în timp util.

Data..... Semnătura .....

CERERE DE ABONAMENT PENTRU INTREPRINDERE LA REVISTA „ENERGETICA"

Intrepr. ..... din .....
str..... nr..... sect..... cod..... jud .....
solicită un abonament pe anul 1980 la revista „Energetica".

C/v abonamentului (100 lei) s-a achitat cu m.p.nr. ..... din .....
către ICEMENERG cont. 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti

DIRECTOR, ... CONTABIL ŞEF, ... Data .....

Aspecte specifice privind reglarea livrării căldurii produse în termoficare pentru încălzirea serelor

Dr. ing. L. Oancea*)

Stabilirea modului optim de reglare a livrării căldurii produse în termoficare pentru alimentarea serelor legumicole trebuie să aibă în vedere particularităţile specifice ale sarcinii termice şi comportamentul tipic al consumatorului, generat de caracterul tehnologic al consumului şi de caracteristicile construcţiei propriu-zise.

1. Particularităţi ale alimentării cu căldură a serelor

La sere, inerţia termică extrem de redusă şi raportul ridicat de vitrare al construcţiei se manifestă prin defazarea practic nulă a sarcinii termice faţă de variaţia elementelor climatice şi prin lipsa efectului de amortizare faţă de oscilaţia mediului exterior. Necesarul de căldură urmăreşte astfel practic fidel evoluţia factorilor de climă, fiind foarte sensibil la variaţia fiecărui parametru fizic al aerului exterior.

Exigenţa mare a menţinerii temperaturii interioare nominale, variabilă în funcţie de cultură şi anotimp, este o cerinţă tehnologică severă. Aceasta nu se poate satisface prin livrarea unor debite medii pe intervale de reglaj, furnizarea căldurii trebuind să se facă în concordanţă permanentă cu necesarul orar al serei.

Sarcina termică variază mult de la oră la oră, cu viteză importantă chiar în condiţiile unui regim climatic uniform. Faţă de alţi consumatori, la sere apar variaţii diurne mult mai mari, ajungîndu-se la reducerea totală a încălzirii în cursul zilei în perioadele de tranziţie.

Sarcina termică maximă se înregistrează atît la temperatura exterioară cea mai coborîtă, dar şi la valori mai moderate ale acesteia, în prezenţa precipitaţiilor solide şi a vîntului. Apariţia factorilor climatici accidentali determină creşteri importante şi în timp scurt a necesarului de căldură, astfel că sarcina termică nu trebuie analizată ca medie zilnică, ci pe intervale de 8—10 ore.

Comparativ cu termoficarea urbană, serele au o durată de funcţionare a încălzirii mai ridicată, iar pentru acelaşi debit nominal consumă anual o cantitate de căldură mai mare. Durata de utilizare a debitului termic maxim este de asemenea mai ridicată, justificînd alegerea unui coeficient orar de termoficare mai mare.

În premisa aplicării reglajului calitativ, temperatura apei fierbinţi necesară serelor este permanent diferită faţă de încălzirea urbană, şi anume: cu 10—20 grade mai mare în perioada sarcinilor termice mari şi mai ridicată noaptea, dar mai coborîtă ziua în perioadele de tranziţie. La începutul şi sfîrşitul sezonului de încălzire, temperatura pe ducere coboară mult sub 70°C, valoare care se menţine constantă în reţeaua de termoficare urbană. Temperatura apei în conducta de întoarcere este totdeauna mai coborîtă la sere, iar ecartul de temperatură utilizat este mai mare.

Sarcina termică a serelor este practic omogenă, de încălzire, cu densitate foarte mare, situată la distanţe mai mici faţă de CET, durata de transport şi timpul de răspuns al sistemului fiind mai reduse. Configuraţia reţelelor de transport este mai simplă şi nu se modifică de la un an al altul, ca şi regimul hidraulic, graficul piezometric şi sarcina termică nominală, spre deosebire de sistemele de termoficare urbană, care sînt în continuă dezvoltare.

2. Reglarea livrării căldurii din CET pentru sere

Din cele arătate rezultă că sarcina termică a serelor are un comportament specific şi necesită un regim termic propriu, foarte variabil, diferit de al celorlalţi consumatori.

Particularităţile menţionate impun necesitatea aplicării unui sistem de reglare foarte elastic, care să realizeze modificarea rapidă a livrării în concordanţă permanentă cu necesarul de căldură al consumatorului şi eliminarea riscului de supraconsum sau de insuficienţă a debitului termic livrat.

Asigurarea livrării optime a căldurii la sere în condiţiile unor regimuri economice de funcţionare pe ansamblul sursă-consumator se poate obţine numai prin utilizarea unui reglaj calitativ-cantitativ, cu preluarea variaţiilor rapide şi importante ale sarcinii termice prin modificarea simultană a temperaturii şi debitului de agent termic vehiculat.

Aplicarea reglajului mixt la sere trebuie făcută conform unei metodologii îmbunătăţite [3] şi pe baza unor diagrame de reglaj şi control al livrării calculate pentru acest consumator.

Pentru fiecare caz concret este necesar să se stabilească graficul de variaţie a temperaturii şi debitului de apă fierbinte cu sarcina termică relativă, conform metodologiei prezentate în continuare şi cu exemplul dat în figura 1.

La sere este obligatorie urmărirea continuă a calităţii livrării, propunîndu-se în acest scop o diagramă pentru verificarea corelaţiei care trebuie să existe în punctul termic al consuma-

*) Dr. ing. Laurenţiu Oancea lucrează la Intreprinderea Electrocentrale Ploieşti.

torului între temperatura pe întoarcere și pe ducere față de debitul de agent termic vehiculat [3]. Respectarea acestei corelații reflectă gradul de asigurare cu căldură a consumatorului, diagrama obținîndu-se cu ajutorul ecuațiilor temperaturii și debitului determinate conform celor indicate în continuare.

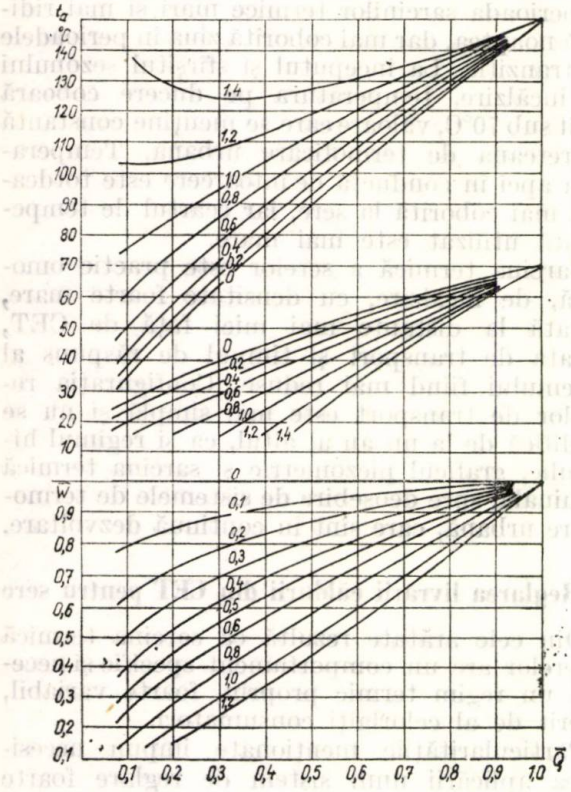


Fig. 1. Diagrama de reglaj calitativ—cantitativ a sarcinii termice a serelor pentru $t_i = 16$ °C și diverse valori r.

Constatînd defazaje de timp reduse ale construcției și eliminînd defazajul datorat transportului prin telemăsura temperaturii și acționarea asupra debitului, modul de reglare propus permite conducerea permanentă și obiectivă a livrării în ritmul cererii, și nu ca debite medii. Prognoza meteorologică are acum numai un caracter ajutător și se referă la intervale de timp foarte scurte.

De menționat că la sere se aplică livrarea intermitentă a căldurii, cu oprirea circulației agentului termic din CET, în perioadele în care temperatura aerului exterior este mai mare decît temperatura interioară necesară, respectiv aportul radiației solare este superior pierderilor totale de căldură ale incintei.

3. Stabilirea diagramelor de reglaj al livrării căldurii la sere

Pentru determinarea ecuațiilor de calcul al graficelor de reglaj se utilizează relațiile de bilanț termic și transfer de căldură, scrise în unități relative:

$$\bar{Q} = \bar{W}\,\overline{\delta t} = \bar{K}\,\overline{\Delta t}, \qquad (1)$$

în care

Q este puterea termică pentru un regim oarecare, W;
W — echivalentul în apă al debitului de agent termic, W/grd.;
δt — diferența de temperatură aferentă unui agent termic, grade;
K — coeficientul global de schimb de căldură, W/m^2.grd;
Δt — diferența medie de temperatură între agenții termici, grade.

$\bar{Q}$, $\bar{W}$, $\overline{\delta t}$, $\bar{K}$, $\overline{\Delta t}$ reprezintă valorile relative ale mărimilor respective, adică raportul între mărimile momentane și cele de calcul.

Modul de variație a echivalentului în apă al debitului de agent termic în rețea față de modificarea sarcinii termice este dat de expresia:

$$\bar{W} = \bar{Q}^r \qquad (2)$$

În funcție de mărimea exponentului r, denumit coeficient de reglaj, reglarea poate să fie: calitativă ($r = 0$; $\bar{W} = 1$) sau calitativ-cantitativă ($0 < r < 1$).

În expresia (1), pentru diferența medie de temperatură se poate utiliza, în cazul încălzirii aerului din seră, următoarea relație:

$$\Delta t = \Delta\theta - b \cdot \delta t, \qquad (3)$$

unde

$\Delta\theta$ este diferența maximă de temperatură între agenții termici;
δt — diferența de temperatură în care evoluează apa fierbinte;
b — coeficient care depinde de schema de circulație a agenților termici și intervalele de temperatură în care evoluează.

Pentru sere, în cazul racordării directe cu temperatura de calcul a apei la intrare în radiatoare de 150°C, respectiv la ieșire de 70°C, și pentru valorile uzuale ale temperaturii interioare (t_i) de 16—26°C, coeficientul $b = 0{,}57 - 0{,}59$.

Cu ajutorul caracteristicilor termice ale instalațiilor de schimb de căldură [1] aplicate la sere, se poate trece la determinarea ecuațiilor temperaturii apei în conducta de ducere și întoarcere pentru diverse valori ale sarcinii termice.

În cazul general al reglajului mixt, pentru racordarea directă a instalațiilor de încălzire și existența amestecului, coeficientul de amestec u se poate exprima, în funcție de valorile de calcul ale temperaturii apei înainte de amestec (t^c_{ad}), după amestec (t^{0c}_{ad}) și la ieșire din instalații (t^c_{ai}), prin relația:

$$u = \frac{t^c_{ad} - t^{0c}_{ad}}{t^{0c}_{ad} - t^c_{ai}} = \frac{\delta t^c_1}{\delta t^c} - 1 \qquad (4)$$

Se aplică ecuația caracteristică adimensională pentru ansamblul format din dispozitivul de amestec și aparatul de schimb de căldură:

$$Q = \varepsilon \cdot W_1 \cdot \Delta\theta_1 \tag{5}$$

unde

$$\Delta\theta_1 = t_{ad} - t_i \tag{6}$$

ε — puterea termică specifică adimensională dată de relația generală:

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{W_1}{KS} + \frac{b+u}{1+u}} \tag{7}$$

Se are în vedere modul de variație a coeficientului global de schimb de căldură la modificarea diferenței medii de temperatură din aparatul de încălzire apă — aer, dat de exponentul m din relația [2]:

$$\overline{K} = \overline{\Delta t^m}, \text{ adică } \overline{K} = \bar{Q}^{\frac{m}{1+m}} \tag{8}$$

Se va înlocui produsul KS din (7) ținînd seama de expresia parametrului caracteristic Φ al aparatelor de schimb de căldură din sere.

$$\Phi = K^e S = \frac{Q^c}{\Delta t^c} = \frac{KS}{\bar{Q}^{\frac{m}{1+m}}} \tag{9}$$

După transformări simple, utilizînd relațiile (1), (2), (4) și (9), expresia (7) devine:

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{\Delta t^c}{\delta t_1^c}\bar{Q}^{r-\frac{m}{1+m}} + \frac{\delta t_1^c + (b-1)\cdot\delta t^c}{\delta t_1^c}} \tag{10}$$

Pe de altă parte:

$$Q = \bar{Q}\cdot Q^c = W_1 \cdot \bar{Q}^{1-r}\cdot \delta t_1^c \tag{11}$$

Înlocuind în (5) expresiile din (10) și (11), se obține:

$$\Delta\theta_1 = \bar{Q}^{1-r}\cdot\delta t_1^c\cdot\left[\frac{\Delta t^c}{\delta t_1^c}\cdot\bar{Q}^{r-\frac{m}{1+m}} + \frac{\delta t_1^c + (b-1)\cdot\delta t^c}{\delta t_1^c}\right] \tag{12}$$

Rezultă astfel ecuația temperaturii apei în conducta de ducere înainte de amestec:

$$t_{ad} = t_i + \Delta t^c \cdot \bar{Q}^{\frac{1}{1+m}} + [\delta t_1^c + (b-1)\cdot\delta t^c]\,\bar{Q}^{1-r} \tag{13}$$

Întrucît $\delta t_1 = \delta t_1^c \cdot \bar{Q}^{1-r}$, ecuația temperaturii apei în conducta de întoarcere va fi:

$$t_{ai} = t_i + \Delta t^c \cdot \bar{Q}^{\frac{1}{1+m}} + (b-1)\cdot\delta t^c\cdot\bar{Q}^{1-r} \tag{14}$$

Similar, știind că $\delta t = \delta t^c \cdot \bar{Q}^{1-r}$, se obține expresia pentru temperatura apei la ducere, după amestec:

$$t_{ad}^0 = t_i + \Delta t^c \cdot \bar{Q}^{\frac{1}{1+m}} + b\cdot\delta t^c\cdot\bar{Q}^{1-r} \tag{15}$$

Ecuațiile reglării calitative se obțin din relațiile (13), (14) și (15), punînd condiția $r = 0$.

Analiza ecuațiilor de reglaj obținute arată că:

— Pentru un complex de sere și anumiți parametri de calcul ai agentului termic, expresiile temperaturii apei depind de mărimea sarcinii termice, deci de condițiile climatice, de valoarea coeficientului de reglaj și de temperatura interioară.

— Întrucît la sere temperatura aerului din incintă are un domeniu mare de variație, este obligatorie calcularea și utilizarea diagramei de reglaj aferentă temperaturii interioare optime necesară tehnologic pentru diverse culturi și perioade.

— Pentru o anumită valoare a sarcinii termice, temperatura în conducta de ducere crește odată cu mărirea temperaturii interioare și a coeficientului de reglaj (fig. 1). Rezultă că la reducerea debitului de agent termic vehiculat crește presiunea la priza reglabilă a turbinei din CET, conducînd la reducerea corespunzătoare a indicelui de termoficare. Acest lucru trebuie avut în vedere la determinarea valorii optime a coeficientului de reglaj și a diagramei de reglaj adoptate, cu atît mai mult la CET care nu au posibilitatea obținerii economice a debitelor parțiale.

Ecuațiile graficelor de reglaj prezentate au stat la baza obținerii noilor diagrame de conducere și control a livrării optime propuse pentru sere [3]

Concluzii

Pentru obținerea unei calități superioare în alimentarea cu căldură prin termoficare a serelor, în condițiile unor regimuri economice de funcționare, s-a recomandat utilizarea reglării calitativ-cantitative a căldurii, aplicată conform unui procedeu îmbunătățit, care asigură preluarea variațiilor rapide ale sarcinii termice prin modificarea simultană a temperaturii și a debitului de agent termic vehiculat.

S-a recomandat conducerea și urmărirea continuă a livrării pe baza unei diagrame care redă corelația între parametrii apei fierbinți în punctul termic al consumatorului.

Diagrama de reglaj a livrării căldurii, ca și diagrama de control trebuie calculate pentru valoarea temperaturii interioare a aerului necesară tehnologic, utilizînd ecuațiile de reglaj prezentate.

Bibliografie

[1] Sokolov, E.Ia. *Teplofikația i teplovie seti*. Gosenergoizdat, Moscova. 1963.

[2] Petrescu, A. ș.a. *Instalații de încălzire centrală în ansambluri de clădiri*. Editura tehnică, București, 1973.

[3] Oancea, L. *Contribuții la îmbunătățirea alimentării cu căldură prin termoficare a marilor complexe de sere*. Teză de doctorat. Institutul politehnic București, 1977.

(Articol intrat în redacție la 19 mai 1979)

Model și program pentru calculul regimului optim de funcționare a unei cascade de centrale hidroelectrice

Ing. Al. Blada
Ing. D. Săndulache
Matem. Gh. Apetrei*)

Considerații generale

În cadrul problemei generale a optimizării funcționării sistemului energetic, ca și în rezolvarea ansamblului de probleme legate de gospodărirea complexă a cursurilor de apă, problema utilizării optime a resurselor hidroenergetice are o importanță deosebită, legată — nu în ultimul rînd — de noile preocupări promovate în urma declanșării a ceea ce se numește „criza energetică".

Pentru țara noastră, cu rezerve de apă reduse, cu o pondere a producției centralelor hidroelectrice în anii 1972—1978 de numai 13,9—16,8%, gospodărirea judicioasă a resurselor hidroenergetice impune un efort concertant al tuturor specialiștilor, concomitent cu acțiunile ample ce se desfășoară pentru realizarea de noi amenajări.

În rezolvarea problemelor legate de utilizarea optimă a resurselor hidroenergetice din țara noastră, experiența ultimilor ani a condus la cristalizarea unor principii majore, cum sînt:

1. Asigurarea prioritară a folosințelor neenergetice (alimentări cu apă, irigații etc.) situate în aval de marile acumulări hidroenergetice.

2. În condițiile unei balanțe de puteri și energii încordate, rezervele de energie se „depozitează" de preferință în marile acumulări hidroenergetice.

3. Obiectul optimizării nu este numai creșterea producției de energie în centralele hidroelectrice, ci efectul funcționării centralelor hidroelectrice asupra centralelor termoelectrice din sistem, în scopul reducerii cantității de combustibil ce se consumă pentru producerea energiei electrice, în special a combustibililor superiori.

Dacă primele două principii nu necesită argumentări deosebite, considerăm că pentru ultimul obiectiv amintit se impun dezbateri suplimentare, nu odată limitîndu-se efectul centralelor hidroelectrice la economia de combustibil echivalentă producției suplimentare obținute în centralele hidroelectrice în urma aplicării unuia sau altuia din algoritmele propuse.

*) Ing. Al. Blada este cercetător principal în cadrul Laboratorului pentru automatizări în sistemul energetic din ICEMENERG; ing. D. Săndulache este inginer principal la DEN; matem. Gh. Apetrei este analist în cadrul Oficiului de calcul din ICEMENERG.

În acest sens este suficient să amintim că, la limită, producția maximă se obține într-o centrală hidroelectrică într-un timp dat dacă se funcționează continuu cu puterea medie rezultată, însă este evident că nu acesta reprezintă optimul pentru ansamblul sistemului energetic.

Rezultatele cercetărilor întreprinse în direcția funcționării centralelor hidroelectrice pot fi grupate după diverse criterii, cum sînt: orizontul de timp (an, lună, zi), tipul de amenajare la care se referă (de regulă în funcție de mărimea acumulărilor de care se dispune), mărimea sectorului dintr-un bazin amenajat considerat în stabilirea regimului de funcționare etc.

Autorii acestui articol s-au ocupat în ultima perioadă de rezolvarea a două tipuri de probleme de optimizare:

a) optimizarea funcționării pe termen scurt a unor cascade de centrale hidroelectrice care dispun de lacuri ce permit numai regularizarea orară a debitelor;

b) stabilirea unor criterii de priorități în utilizarea unor amenajări dispunînd de acumulări cu regularizare anuală, pentru ca la sfîrșitul unei perioade de calcul (lună) nivelurile relative în acumulările respective să fie cît mai apropiate de cele prestabilite.

În cele ce urmează ne vom referi la modul de rezolvare a primei probleme, urmînd ca rezultatele obținute în rezolvarea celei de-a doua probleme, enunțate mai sus, să formeze obiectul unui articol viitor.

Strategia de conducere zilnică adoptată pentru cascadele care dispun de o mare acumulare de capăt este următoarea: din programul lunar se cunoaște energia (cantitatea de apă turbinată) totală a centralei mari, de capăt, programată pentru ziua de calcul și anumite limite maxime și minime de putere pe intervale ale zilei. Un număr de 1—2 lacuri situate imediat în avalul centralei mari funcționează cvasioptimizat, în regim tampon, cu nivel mai scăzut, pentru preluarea variațiilor neprevăzute de debit ale acestei centrale. Restul centralelor cascadei se pot încadra într-un regim optim de funcționare zilnică precalculat.

Enunțarea problemei

În calculul regimului optim de funcționare zilnică a unei cascade de centrale hidroelectrice se determină încărcările orare ale fiecărei centrale și valorile orare ale nivelului în fiecare lac de acumulare, prin care se obține o valoare economică maximă a energiei zilnice produse de întreaga cascadă, în condițiile în care să fie satisfăcute toate cerințele impuse de o exploatare normală a amenajărilor:

— consumurile neenergetice de apă cerute pentru irigații, consum industrial și urban din fiecare lac, să poată fi satisfăcute integral;

— debitele de servitute și diluție pe porțiunile cu curgere liberă să nu coboare sub valorile impuse;

— la sfîrșitul zilei de calcul, în fiecare lac să fie atins un nivel prestabilit;

— pe toată durata zilei de calcul, indiferent de valoarea debitelor afluente (cu excepția perioadelor de viitură) și de regimul de funcționare a centralei de capăt a amenajării, în nici un moment să nu fie încălcate nivelurile admisibile maxime și minime de exploatare a lacurilor;

— grupurile să nu funcționeze încărcate sub o valoare minimă a debitului turbinat, sub care randamentul devine prea scăzut;

— primele lacuri ale cascadei-aval să poată prelua în regim tampon, fără deversare, debitul turbinat de centrala de capăt, oricare ar fi graficul de funcționare al acestei centrale, în limitele unei cantități zilnice de apă turbinată date;

— calculele să poată fi efectuate operativ la orice oră, pentru următoarele 24 de ore care formează ziua de calcul, folosind drept date de intrare starea centralelor și lacurilor cunoscută în acel moment: nivelurile la începutul zilei de calcul, variația debitelor afluente pe diferențele de bazin și situația grupurilor indisponibile pe durata zilei de calcul, gradul inițial de înfundare și tendința de înfundare a grătarelor.

Ziua de calcul este discretizată în ore și împărțită în patru zone energetice:

— golul de nopate între orele JI—JT1
— vîrful de dimineață între orele JT1 — JT2
— golul de zi între orele JT2 — JT3
— vîrful de seară între orele JT3—JF

Energiei produse în fiecare din aceste intervale de timp i se asociază un coeficient de pondere, a cărui valoare se alege în funcție de poziția în care este plasată producția de energie hidro a cascadei pe curba de sarcină a sistemului în intervalul energetic respectiv al zilei. Suma energiilor astfel ponderate reprezintă obiectivul de maximizat al optimizării: valoarea economică a energiei zilnice a cascadei. Din punct de vedere calitativ, problema conduce la obținerea unei cantități de energie cît mai mari la orele de vîrf și a unei cantități de energie relativ mai mari în orele golului de zi, ambele pe seama scăderii energiei produse în timpul golului de noapte — acest regim de funcționare permițînd o încărcare optimă pentru centralele termoelectrice, cu efect maxim pentru reducerea cantității de combustibil utilizat.

Modelul matematic al optimizării

Problema enunțată mai sus poate fi formulată matematic prin funcții și ecuații, care constituie modelul matematic global al optimizării cascadei.

Notații folosite

i — indicele de centrală. Numerotarea centralelor se face din amonte spre aval, începînd cu $i = 1$ pentru prima centrală a cascadei-aval;

j — indicele de oră. Numerotarea orelor se face începînd cu $j = 1$ pentru primul interval orar al zilei de calcul;

k — indicele de grup în cadrul centralei;

K — numărul de grupuri cu care este echipată fiecare centrală;

M — numărul de centrale al cascadei-aval;

$H_{am,i,j}$ — nivelul în lacul i la sfîrșitul orei j;

$H_{av,i,j}$ — nivelul-aval al centralei;

$H^0_{av,i}$ — nivelul static în bazinul de liniștire;

$HGRT_{i,j,k}$ — pierderea de sarcină pe grătarul grupului k;

$D_{i,j,k}$ — debitul mediu orar turbinat pe grup pe intervalul cuprins între orele $j-1$ și j;

$D_{i,j}$ — debitul turbinat pe centrală;

DEV — debitul deversat;

$\eta_{i,k}$ — randamentul grupului k exprimat ca funcție de debitul și căderea netă a grupului;

$D^0_{i,j}$ — debitul evacuat în ultimul interval orar al zilei precedente zilei de calcul;

$NGRDIS_{i,j}$ — grupurile diponibile;

$V_{i,j}$ — volumul total de apă în lacul i la ora j;

T_i — timpul de parcurs al apei între centralele i și $i + 1$. În general valoarea lui T_i este sub o oră;

T_0 — timpul de parcurs al apei de la centrala de capăt la prima centrală a cascadei-aval;

E_j — energia totală produsă de cascada-aval în intervalul $j-1$ la j;

C_j — coeficientul de pondere al energiei produse, corespunzător zonei energetice din care face parte intervalul orar $j-1$ la j;

$DAF_{i,j}$ — debitul afluent pe diferența de bazin a centralei i în intervalul orar $j-1$ la j;

$D_{0,j}$ — debitul programat a fi turbinat de centrala de capăt;

Q_s — cantitatea de apă suplimentară ce poate fi cerută de la centrala de capăt în ziua de calcul;

q_j — cota-parte maximă posibil de solicitat în ora j din cantitatea de apă Q_s.

$D_{a,j}$ — debitul-amonte total, în lacul primei centrale a cascadei-aval;

$DN_{i,j}$ — debitul mediu prelevat din lacul i pentru consumatorii neenergetici de apă;

H^M_i, H^m_i — nivelul maxim, respectiv minim, admisibil de exploatare;

D^m_i — debitul minim turbinabil al centralei i, determinat atît din considerente de randament, cît și de servitutile impuse pe porțiunile cu curgere liberă în aval de centrala i;

HI_i, HF_i — nivelul în lacul i la începutul, respectiv sfîrșitul zilei de calcul.

Variabilele de comandă ale procesului sînt debitele medii orare turbinate și deversate ale centralelor.

— Funcția-obiectiv a optimizării este dată de relația:

$$G = \max_{D_{i,j,k}} \left(\sum_{j=1}^{24} \int_0^{E_j} C_j \cdot \mathrm{d}E_j \right) \qquad (1)$$

Formulînd problema în acest fel, optimizarea după criteriul producerii unei cantități maxime de energie rezultă ca un caz particular al maximizării valorii economice a energiei, luînd $C_j \equiv 1$.

Rularea programului considerînd $C_j \equiv 1$ se utilizează în situaţiile în care există rezervă de putere şi energie în sistem, vîrfurile de sarcină putînd fi preluate de alte amenajări hidroenergetice, care asigură astfel un regim optim de încărcare pentru centralele termoelectrice.

— Energia orară produsă de cascadă rezultă din relaţia :

$$E_j = \sum_{i=1}^{M} \sum_{k=1}^{K} 9{,}81 \cdot D_{i,j,k} \cdot \frac{h_{i,j-1,k} + h_{i,j,k}}{2} \cdot \frac{\eta_{i,j,k}}{100} \qquad (2)$$

— Căderea netă pe grup :

Se face ipoteza simplificatoare că nivelul-aval al centralei i variază parabolic cu debitul turbinat şi liniar cu nivelul din lacul-aval cînd valoarea acestuia depăşeşte nivelul canalului de fugă, $H^0_{av,i}$.

$$h_{i,j,k} = H_{am,i,j} - H_{av,i,j} - HGRT_{i,j,k} \qquad (3)$$

— Nivelul-aval în bazinul de liniştire :

— Cazul $H_{i+1,j} < H^0_{av,i}$:

$$H_{av,i,j} = H^0_{av,i} + a_i \cdot D^2_{i,j} + b_i \cdot D_{i,j}$$

— Cazul $H_{i+1,j} \geqslant H^0_{av,i}$:

$$H_{av,i,j} = H_{am,i+1,j} + a_{i,j} \cdot D^2_{i,j} + b_{i,j} \cdot D_{i,j},$$

în care

$$a_{i,j} = \frac{a_i(H^M_{i+1} - H_{i+1,j}) + \bar{a}_i(H_{i+1,j} - H^0_{av,i})}{H^M_{i+1} - H^0_{av,i}}$$

$$b_{i,j} = \frac{b_i(H^M_{i+1} - H_{i+1,j}) + \bar{b}_i(H_{i+1,j} - H^0_{av,i})}{H^M_{i+1} - H^0_{av,i}} \qquad (4)$$

(a_i, b_i), $(\bar{a}_i, \bar{b}_i)$ reprezintă coeficienţii remuului centralei i pentru două situaţii limită ale nivelului în lacul aval de centrala i, şi anume : egal cu nivelul static în canalul de fugă şi, respectiv, egal cu nivelul normal de retenţie în lacul-aval.

— Ecuaţiile caracteristice ale lacurilor :

$$H_{am,i,j} = f_i(V_{i,j}), \text{ respectiv} \qquad (5)$$

$$V_{i,j} = f_i^{-1}(H_{am,i,j})$$

pot fi exprimate polinomial, luînd ca nivel de referinţă nivelul minim admisibil.

— Ecuaţiile de bilanţ ale acumulărilor :

$$V_{i,j} = VI_i - 3{,}6\left[\sum_{t=1}^{j} (D_{i,t} - D_{i-1,t} + DEV_{i,t} - DEV_{i-1,t} + DN_{i,t} - DAF_{i,t}) + T_{i-1}(D^0_i - D_{i-1,j})\right] \qquad (6)$$

— Pierderile de sarcină pe grătare :

În calculul pierderii de sarcină ce va apărea pe grătarul grupului k din centrala i la ora j a zilei de calcul intervin următorii factori :

— gradul de înfundare a grătarelor la începutul zilei de calcul : $HGTO_{i,k}$ şi tendinţa de modificare a înfundării măsurată în ziua precedentă : $DHGT_{i,k}$;

— pierderile reziduale de sarcină după desfundarea grătarelor : $HGTDES$;

— gradul de murdărie al apei în ziua de calcul faţă de ziua precedentă, apreciat prin coeficientul g ;

— debitul turbinat care străbate grătarul, raportat la debitul nominal : $D'_{i,j,k}$;

— raportul între înălţimea grătarului şi sarcina pe grătar în momentul respectiv : $d_{i,j}$.

Relaţiile de calcul ale pierderii de sarcină pe grătar au fost stabilite considerînd grătarul ca o strangulare pe un canal cu nivel liber, pentru următoarele trei cazuri caracteristice :

— Cazul 1 : grătarul nu a fost desfundat nici în ziua precedentă, nici la începutul zilei de calcul :

$$HGRT_{i,j,k} = (D'_{i,j,k} \cdot d_{i,j})^2 \cdot HGTO_{i,k} + \frac{(g+1)\,DHGT_{i,k}}{2}\left(\frac{j}{24}\right) + \frac{(g-1)\,DHGT_{i,k}}{2}\left(\frac{j}{24}\right)^2 \qquad (7a)$$

— Cazul 2 : grătarul a fost desfundat în cursul zilei precedente zilei de calcul :

$$HGRT_{i,j,k} = (D'_{i,j,k} \cdot d_{i,j})^2 \cdot HGTO_{i,k}\left(1 + g\,\frac{j}{24}\right) \qquad (7b)$$

— Cazul 3 : grătarul se desfundă, ca urmare a rezultatelor unor calcule făcute de program, în primele ore ale golului de noapte din ziua de calcul. Pentru orele j' ce urmează, pierderea de sarcină pe grătarul desfundat este dată de relaţia :

$$HGRT_{i,k} = (D'_{i,j,k} \cdot d_{i,j})^2 \cdot HGTDES\left(1 + g\,\frac{j'}{24}\right) \qquad (7c)$$

— Restricţiile de nivel în lacuri :

$$H^m_i \leqslant H_{am,i,j} \leqslant H^M_i \qquad (8)$$

$$H_{am,i,24} = HF_i \qquad (9)$$

— Restricţiile de debit minim turbinat:

Dacă $\sum_{k=1}^{K} D_{i,j,k} < D_i^m$, trebuie să se ia:

— pentru centralele cu servituţi în aval

$$D_{i,j,1} = D_i^m \text{ la un grup al centralei,}$$
$$D_{i,j,k} = 0 \text{ la restul grupurilor;} \quad (10)$$

— pentru centralele fără servituţi

$$D_{i,j} = 0$$

— Restricţiile de debit maxim:

Debitul turbinat de un grup nu poate fi mai mare decît o valoare corespunzătoare deschiderii maxime a aparatului director şi căderii pe grup din acel moment;

$$D_{i,j,k} \leqslant D_{i,j,k}^M = \varphi_i(h_{i,j,k}) \quad (11)$$

Funcţiile φ_i pot fi aproximate cu o bună precizie prin două segmente de dreaptă.

Se remarcă existenţa discontinuităţii în punctul D_i^m, în forma restricţiilor de debit minim şi neliniaritatea restricţiilor de debit maxim.

Modelul de optimizare globală formulat prin ecuaţiile (1) — (11) conduce la o problemă de programare neliniară, multivariabilă, a cărei dificultate de rezolvare este mult sporită de numărul mare al variabilelor de comandă (864 pentru o cascadă cu 12 centrale echipate cu cîte două grupuri) şi îndeosebi de numărul mare şi varietatea restricţiilor (1440 pentru aceeaşi cascadă): de egalitate şi inegalitate, liniare şi neliniare, pe variabilele de comandă şi pe unele din variabilele de stare.

Nu există metode clasice de rezolvare pentru astfel de probleme. S-a abordat simplificarea rezolvării problemei globale a optimizării cascadei, combinînd reducerea numărului de variabile de comandă cu descompunerea ei în mai multe subprobleme independente.

Reducerea numărului variabilelor

Fiecare centrală este echipată cu două sau mai multe grupuri identice. Fără a sacrifica în mod sensibil precizia calculelor, cele K grupuri ale unei centrale se pot înlocui cu un grup echivalent, denumit centrala i, pentru care se calculează separat caracteristica de randament $\eta_i(D_i)$ în ipoteza unei repartiţii date a sarcinii totale pe grupuri: repartiţie optimă sau repartiţie egală. Diferenţele de randament global al centralei între cele două moduri de repartiţie a sarcinii sînt în general foarte mici. Pierderea de sarcină pe grătar se înlocuieşte şi ea printr-o pierdere de sarcină echivalentă care este egală cu media pierderilor de sarcină ale grupurilor în funcţiune. Se consideră în funcţiune numai atîtea grupuri cîte sînt necesare pentru realizarea debitului turbinat pe centrală la ora respectivă şi se aleg cele care au pierderile de sarcină pe grătare cele mai mici.

Ecuaţiile (2), (3) şi (11) se modifică corespunzător:

$$E_j = \sum_{i=1}^{M} 9{,}81 \cdot D_{i,j} - \frac{h_{i,j-1} + h_{i,j}}{2} \cdot \frac{\eta_i(D_{i,j})}{100} \quad (2)'$$

$$h_{i,j} = H_{am,i,j} - H_{av,i,j} - HGRT_{i,j} \quad (3)'$$

$$D_{i,j} \leqslant D_{i,j}^M = \varphi_i(h_{i,j}) \cdot NGRDIS_{i,j} \quad (11)'$$

Dimensiunile problemei se reduc cu aproximativ un sfert pînă la o treime, rămînînd în continuare foarte mari.

Descompunerea problemei globale

Subproblemele au fost astfel alese încît fiecare subproblemă să corespundă unui aspect distinct al optimizării funcţionării cascadei şi să fie rezolvabilă şi calculabilă, iar prin recombinarea lor în cadrul programului principal să fie păstrat obiectivul optimizării globale formulat prin funcţionala (1). Conform schemei logice din figura 1, cele patru subprobleme sînt:

1. Calculul orelor optime de funcţionare.
2. Calculul desfundării grătarelor grupurilor.
3. Optimizarea repartiţiei sarcinii pe centrale şi ore de funcţionare.
4. Calculul depăşirii de nivel maxim posibil de atins în primele lacuri-tampon ale cascadei aval, ca urmare a redresării cantităţii de apă Q_s turbinată de centrala de capăt.

Din cauza existenţei discontinuităţilor de tip (10) pe variabilele de comandă, a fost necesar să se calculeze separat regimul pornit/oprit al grupurilor în cadrul subproblemelor 1 şi 2, urmînd ca subproblema 3 să calculeze repartiţia orară optimă a sarcinii pe grupurile în funcţiune, între limita minimă admisă D_i^m şi cea maximă $D_{i,j}^M$.

1. *Calculul orelor de funcţionare.* Problema alegerii optime a orelor de funcţionare constă în calcularea unei soluţii de funcţionare pentru fiecare centrală:

— debite medii orare turbinate şi deversate;
— puteri medii orare;
— nivele orare în lacuri,

astfel încît fiecare centrală să fie oprită un număr cît mai mare posibil de ore în golul de noapte, fără a se ajunge cu nivelul în lacuri la limita deversării şi toate ecuaţiile (2)—(11)′ ale modelului matematic să fie respectate.

Deversarea este permisă numai atunci cînd, deşi centrala respectivă funcţionează toate cele 24 ore ale zilei la debitul turbinat maxim, nivelul în lac tinde să depăşească restricţia de nivel maxim. La astfel de situaţii se ajunge atunci cînd debitele afluente sînt foarte mari, sau cînd într-o centrală sînt indisponibile unul sau mai multe grupuri.

Se utilizează o procedură de calcul cu căutări succesive, ale cărei etape principale sînt următoarele :

a) Se calculează debitele afluente sigure în primul lac al cascadei-aval :

$$D_{a_1 j} = DAF_{1,j} + D_{0,j} \qquad (12)$$

b) Considerînd acest debit afluent şi debitele afluente prognozate pentru diferenţele de bazin, se calculează o soluţie de funcţionare în ipoteza că în fiecare centrală funcţionează 24 de ore toate cele $NGRDIS_{i,j}$ grupuri disponibile. Soluţia calculată respectă ecuaţiile (2)—(7), iar prin corecţii iterative, modificînd repartiţia orară a debitelor turbinate, este făcută să respecte şi restricţiile (8) şi (10).

c) Pentru respectarea restricţiei (9), metoda de calcul permite o opţiune între două strategii posibile :

— Nivelul final impus HF_i pentru sfîrşitul perioadei de calcul este atins indiferent dacă aceasta conduce la deversare într-una sau mai multe centrale pe parcursul perioadei de calcul.

— Nivelul final atins în lacurile centralei la care ar avea loc deversarea este mărit, şi eventual şi al lacurilor amonte, în măsura în care este necesar pentru ca deversarea să fie evitată. O astfel de strategie este raţional de adoptat atunci cînd deversarea are loc ca urmare a indisponibilităţii unor grupuri în ziua de calcul, grupuri ce se prevăd a deveni disponibile în ziua următoare.

d) Pentru centralele la care nu a avut loc deversare, se calculează încă o soluţie, în aceleaşi condiţii ca mai sus, dar considerînd că centrala este oprită în primele trei ore ale golului de noapte pentru a da posibilitatea desfundării grătarelor.

e) Se continuă iterativ calculul unor soluţii din ce în ce mai bune, oprind centralele cu cîte încă o oră la fiecare iteraţie în timpul golului de noapte. Centralele care sînt urmate de porţiuni de albie cu curgere liberă, pe care trebuie asigurat un debit minim de servitute şi diluţie, nu sînt oprite complet, ci reduse la valoarea acestui debit minim de servitute.

Ca urmare a acumulării apei în intervalul cît centrala este oprită, nivelul în lac creşte şi se apropie treptat de nivelul maxim admisibil. Mărirea numărului de ore de oprire continuă pînă cînd nivelul atinge restricţia de nivel maxim. După ce toate orele golului de noapte au fost epuizate, procesul iterativ continuă, oprind centrala în timpul orelor plinului de zi. Acest lucru se poate întîmpla atunci cînd debitul afluent în prima centrală a cascadei-aval este mic.

2. *Calculul desfundării grătarelor grupurilor.* Există două criterii care pot conduce la necesitatea desfundării grătarelor unui grup :

a) Criteriul tehnologic : Pierderea de sarcină pe grătar în nici un moment al zilei nu trebuie să depăşească o valoare maximă admisă, corespunzătoare rezistenţei mecanice a grătarului.

Pierderea de sarcină pe grătare, calculată cu una din relaţiile (7 *a*) sau (7 *b*), este comparată cu pierderea maximă admisă de rezistenţa mecanică a grătarului şi, dacă cel puţin la o oră a zilei

$$HGRT_{i,j,k} \geqslant HGMAX,$$

se consideră că se opreşte grupul în primele trei ore ale golului de noapte pentru a da posibilitatea desfundării grătarului, după care se recalculează pierderile de sarcină cu relaţia (7 *c*), valabilă pentru grătare desfundate în cursul zilei de calcul.

Oprirea grupurilor pentru desfundarea grătarelor după criteriul tehnologic are prioritate absolută, indiferent dacă acest fapt conduce sau nu la necesitatea unor pierderi de apă prin deversare. De acest fapt se ţine seama la calculul desfundării grătarelor după criteriul de optim.

b) Criteriul de optim : Pentru centralele pentru care rezultă din calculul orelor de funcţionare că trebuie să se funcţioneze timp de 24 de ore cu toate grupurile disponibile, se calculează o a doua soluţie de funcţionare, în care un grup se consideră oprit pe durata primelor trei ore ale golului de noapte în scopul desfundării grătarului celui mai înfundat. Oprirea grupului poate să atragă după sine necesitatea deversării unei cantităţi de apă în cele trei ore cît grupul este oprit. Ca urmare a desfundării grătarului, pierderile de sarcină în restul zilei, calculate cu relaţia (7 *c*), vor fi însă mult mai mici, căderea netă pe grup va creşte şi există posibilitatea ca energia suplimentară totală obţinută pînă la sfîrşitul zilei în acest fel să depăşească energia pierdută din cauza deversării pe timpul desfundării grătarului.

Programul compară funcţia-obiectiv (1) calculată pentru cele două soluţii de funcţionare a centralelor :

— cu oprirea unui grup, deversare şi desfundarea grătarului ;

— fără desfundarea grătarului,

şi reţine soluţia pentru care valoarea funcţiei-obiectiv G este maximă.

3. *Optimizarea repartiției orare a încărcării centralelor.* După parcurgerea celor două etape de calcul descrise mai sus se obține o soluție de funcționare în care orele de funcționare ale fiecărei centrale sînt optim stabilite și care este în același timp admisibilă, în sensul că toate ecuațiile și restricțiile de funcționare sînt satisfăcute. Soluția admisibilă obținută constituie soluția inițială a problemei optimizării repartiției orare a încărcării. Pentru a putea rezolva această problemă de optimizare printr-o metodă de programare neliniară cu restricții, este necesar ca toate restricțiile să fie forme liniare în raport cu variabilele de comandă.

Restricțiile de debit minim au fost liniarizate prin faptul că repartiția optimă a încărcării se face numai în cadrul orelor stabilite de funcționare ale fiecărei centrale, pentru care :

$$D_{i,j} \geqslant D_i^m \qquad (10)'$$

Liniarizarea restricțiilor de debit maxim se face printr-o extensie a domeniului de admisibilitate a soluției la valoarea

$$D_{i,j}^M = NGRDIS_{i,j} \cdot \max_{h_{i,j}} \varphi_i(h_{i,j})$$

La ieșirea din subrutina de optimizare a încărcării, domeniul este restrîns la valoarea sa reală printr-o secvență care calculează, pentru orele la care

$$D_{i,j} > \varphi_i(h_{i,j}); \quad i = 1, \ldots, M; \quad j = 1, \ldots, 24,$$

diferențele

$$\Delta D_{i,j} = D_{i,j} - \varphi_i(h_{i,j}),$$

iar apoi repartizează surplusul total de apă rezultat al fiecărei centrale pe restul orelor de funcționare. În cazul în care soluția rezultată după această redistribuire nu satisface restricția (11)', se procedează la o nouă redistribuire ș.a.m.d.

Convergența soluției este bine asigurată printr-un număr de maximum 3—4 iterații.

Problema de optimizare a încărcării are ca variabile de comandă numai mărimile $D_{i,j}$ (debitele deversate nu se modifică) și modelul matematic stabilit mai înainte, la care se adaugă restricțiile de egalitate

$$\sum_{j=1}^{24} D_{i,j} = \text{constant},$$

care se substituie restricțiilor de egalitate (9) pentru nivelurile finale.

Rezolvarea problemei de optimizare astfel formulate se face folosind metoda de programare neliniară a gradientului proiectat (Rosen). Calculele se desfășoară iterativ.

Dată fiind D^{L-1} o soluție obținută după iterația $L-1$, se calculează componenta (i, j) a gradientului funcției-obiectiv cu relația :

$$\nabla_{i,j}^L = \frac{dG^{L-1}}{dD_{i,j}^{L-1}} = \sum_{t=1}^{24} C_t \frac{dE^{L-1}}{dD_{i,j}^{L-1}} \qquad (13)$$

Renunțînd la indicele de iterație L și dezvoltînd (13) cu ajutorul ecuațiilor (2)'— (7) ale modelului matematic, se obține expresia de calcul :

$$\nabla_{i,j} = 3{,}6 C_j \Big[P'_{i,j} \frac{h_{i,j-1} + h_{i,j}}{2} - T_{i-1} H'_{i+1,j} P_{i+1,j} +$$

$$+ P_{i,j}(T_{i-1} A_{i+1,j} B_{i+1,j} H'_{i+1,j} - H'_{av,i,j} - HGRT'_{i,j}) \Big] +$$

$$+ 3{,}6 \sum_{t=j}^{24} C_t \, [B_{i,t} A_{i,t} H'_{i,t} P_{i-1,t} - H'_{i,t} P_{i,t} +$$

$$+ H'_{i+1,t} P_{i+1,t} - B_{i+1,t} A_{i+1,t} H'_{i+1,t} P_{i,t}], \qquad (14)$$

în care

$$P_{i,j} = 9{,}81 D_{i,j} \frac{\eta_i(D_{i,j})}{100}; \quad P'_{i,j} = \frac{dP_{i,j}}{dD_{i,j}}$$

$$H'_{i,j} = \frac{dH_{am,i,j}}{dV_{i,j}} = \frac{df_i(V_{i,j})}{dV_{i,j}}$$

$$HGRT'_{i,j} = \frac{d\,HGRT_{i,j}}{dD_{i,j}}; \quad H'_{av,i,j} = \frac{dH_{av,i,j}}{dD_{i,j}}$$

$$A_{i+1,j} = 1 + \frac{\bar{a}_i - a_i}{H_{i+1}^M - H_{av,i}^0} D_{i,j}^2 + \frac{\bar{b}_i - b_i}{H_{i+1}^M - H_{av,i}^0} D_{i,j}$$

$$B_{i,j} = 0 \text{ dacă } H_{am,i,j} > H_{av,i-1}^0$$

$$B_{i,j} = 1 \text{ dacă } H_{am,i,j} \leqslant H_{av,i-1}^0$$

Înaintarea pe direcția gradientului spre o nouă soluție mai bună, la iterația L, trebuie astfel făcută încît :

a) Să nu se iasă de pe nici una din restricțiile de egalitate și de inegalitate atinse pînă la iterația $L-1$ incusiv (restricții active).

b) Să nu fie încălcată o nouă restricție de inegalitate, ci cel mult atinsă.

Condiția a) este respectată dacă înaintarea se face după direcția proiecției gradientului pe intersecția hiperplanelor restricțiilor active, direcție dată de expresia :

$$\overline{DK} = (I - R^T(RR^T)^{-1}R)\,\overline{\nabla}, \qquad (15)$$

în care

I este matricea-identitate $(24M, 24M)$;

R — matricea coeficienților variabilelor $D_{i,j}$ ale restricțiilor active de dimensiune $(S, 24M)$. Numărul de linii S ale acestei matrice corespunde restricțiilor de egalitate și de inegalitate atinse pînă la iterația $K-1$ inclusiv.

$\overline{\nabla}$ — vectorul-coloană al gradientului $(24M, 1)$;

$\overline{DK}$ — vectorul-coloană al proiecției gradientului $(24M, 1)$.

Luînd în considerație condiția b), calculul pasului optim de înaintare pe direcția proiecției gradientului se rezolvă ca o problemă de optimizare unidimensională cu restricție :

Fie $\tilde{g}$ distanța pe direcția $\overline{DK}$ pînă la cea mai apropiată restricție care nu a fost încă atinsă și n mulțimea ordonată a punctelor echidistante în care se împarte distanța $\tilde{g}$. Se calculează în fiecare din aceste puncte o soluție și se reține soluția corespunzătoare noului punct de funcționare $N \in n$ pentru care funcția-obiectiv G are valoarea maximă. Ea reprezintă soluția la ieșirea din iterația L :

$$\overline{D}^L = \overline{D}^{L-1} + \frac{N}{n}\ \tilde{g}\ \overline{DK} \qquad (16)$$

Calculul iterativ se oprește cînd una din următoarele condiții este satisfăcută :

a) Proiecția gradientului este zero și sînt îndeplinite condițiile Kuhn-Tucker :

$$\overline{DK} = 0$$
$$[(R^T R)^{-1}\ R^T]\ \overline{\nabla} \leqslant 0, \qquad (17)$$

ceea ce înseamnă că a fost atins optimul absolut.

Din motive de economie de resurse de calcul (memorie și timp de calcul) au mai fost prevăzute încă două condiții de oprire :

b) Matricea R de dimensiune variabilă $(S, 24M)$ a atins numărul maxim de linii S^M alocat.

c) S-au efectuat un număr de iterații maxim L^M prestabilit.

Diferența între optimul absolut și optimul parțial al repartiției încărcării, obținut atunci cînd oprirea calculului iterativ este provocată de una din condițiile b) sau c), este cu atît mai mică cu cît valorile lui S^M și L^M sînt mai mari. Convergența procesului iterativ se verifică prin micșorarea cîștigului ΔG^L obținut între două iterații succesive, pe măsura creșterii lui L.

4. *Calculul nivelurilor în lacurile-tampon.* Debitul real turbinat de centrala de capăt a cascadei diferă în plus față de debitul de calcul de bază (12) pentru care s-a făcut optimizarea, în funcție de cerințele de moment ale sistemului energetic. Strategia de turbinare adoptată pentru centralele cascadei-aval față de acest surplus de debit, care reprezintă o perturbație pentru regimul optim precalculat, este de a suprapune debitul perturbator peste debitul optim calculat în orele în care centrala funcționează sub puterea disponibilă și de a-l acumula în lacul tampon al primei centrale a cascadei-aval în orele în care această centrală este oprită sau funcționează la puterea disponibilă maximă.

Cunoscînd limitele minimă și maximă în care surplusul de debit turbinat de centrala de capăt poate varia pe parcursul zilei de calcul, se pot determina, pe baza strategiei de turbinare enunțată mai sus, nivelele maxime orare posibil de atins în lacul-tampon. Conform schemei logice de calcul din figura 1, în cazul în care

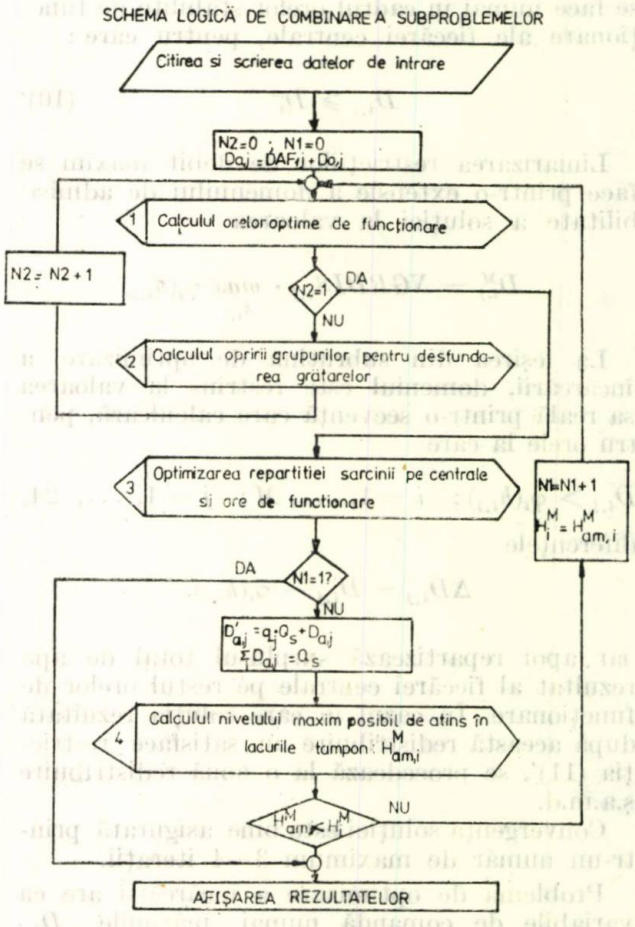


Fig. 1

cel mai mare dintre aceste niveluri depășește nivelul maxim de exploatare H_i^M al lacului-tampon, se reia calculul regimului optim impunînd ca această depășire de nivel să nu mai aibă loc.

În primele T_0 ore ale zilei de calcul, debitul real $D'_{a,j}$ afluent în prima centrală a cascadei-aval are o valoare certă, determinată de valoarea debitului turbinat în ultimele T_0 ore ale zilei precedente de către centrala de capăt, conform relației (12).

Pentru restul intervalului de calcul $j = T_0 + 1, \ldots, 24$, valoarea lui $D'_{a,j}$ poate fi oricare, în limitele

$$D_{a,j} \leqslant D'_{a,j} \leqslant D_{a,j} + \frac{1}{3{,}6} q_j Q_s \qquad (18)$$

Determinarea nivelurilor maxime posibile, $H^M_{am,i,j}$, în lacurile-tampon poate fi formulată printr-un model matematic de optimizare maximin. Ele corespund debitelor afluente maxime posibile $D'_{a,j}$ atunci cînd întreaga cantitate suplimentară de apă Q_s sosește pe un interval de timp $[j1, j]$ compact și cît mai scurt.

Pentru toate intervalele de timp $[j1, j]$ posibile pe intervalul $[0, T]$, pentru care

$$3{,}6 \sum_{t=j1}^{j} (D'_{a,t} - D_{a,t}) = Q_s, \qquad (19)$$

se calculează creșterea minimă de volum în lacul-tampon $\Delta V_{i,j}$ necesară pentru a prelua în lac cota-parte din Q_s care nu poate fi turbinată în orele în care centrala este oprită, sau în care $D'_{a,j}$ depășește debitul maxim turbinabil al grupurilor disponibile. Apoi, din toate distribuțiile (19) posibile, se alege cea care dă valorile $\Delta V_{i,j}$ maxime:

$\Delta V^M_{i,j} = max\, \Delta V_{i,j}$ pentru mulțimea $[j1, j] \in [0, T]$

Nivelul $H^M_{am,i,j}$ este nivelul corespunzător volumului

$$V^M_i = \max_{j \in [0,\, T]} (V_{i,j} + \Delta V^M_{i,j}),$$

în care $V_{i,j}$ este volumul optim calculat la ieșirea din subproblema 3.

Rezultate numerice și concluzii

Pe baza metodei de calcul expuse a fost realizat programul de optimizare al cascadei Olt, sectorul de cinci centrale hidroelectrice Dăești-Băbeni. Programul a fost testat, validat și catalogat în biblioteca-utilizator a calculatorului FELIX C—256 al DEN și se află în exploatare curentă de la începutul anului 1978. Ocupă circa 100 kocteți memorie operativă, timpul mediu al unei execuții fiind de 5—10 minute, în funcție de situația de exploatare (valoarea debitelor afluente și numărul de grupuri disponibile) pentru care se calculează regimul optim.

Valorile alese prin testare pentru parametrii structurali ai programului, astfel încît să se obțină o memorie și timp de calcul acceptabile, fără a sacrifica sensibil din eficiența optimizării, sînt următoarele:

$$S^M = 50; \quad L^M = 60; \quad n = 4$$

Eficiența optimizării se poate aprecia prin valoarea indicelui de utilizare economică a apei: numărul de metri cubi de apă necesari a fi uzinați prin cascadă pentru a economisi o tonă de combustibil convențional. Reprezintă, așadar, consumul specific de apă cascadă/t c.c.

Programul calculează acest indice pentru soluția optimă și pentru o soluție de referință calculată după principiul funcționării cu niveluri cvasiconstante în lacuri.

În funcție de debitul afluent și numărul de grupuri disponibile în centrale, acest indice este cu 4—20% mai bun (mai mic) în soluția optimă față de soluția de referință. Rezultate mai bune se obțin la debite medii zilnice afluente cuprinse între 30% și 70% din debitul nominal instalat al centralelor.

În cazul în care criteriul de optimizare ales este maximizarea valorii fizice a energiei, sporul de energie obținut prin aplicarea programului este de 0,5—1,5%, însă regimul de funcționare al centralelor în această situație este, în general, în totală neconcordanță cu necesitățile graficului de sarcină al sistemului energetic.

Bibliografie

[1] Dumitru, V. *Programare neliniară*. Editura Academiei R.S.R., București, 1975.

[2] Scano, E. *Géstion économique à court-terme des usines hydrauliques d'une vallée*. In: : R.G.E., vol. 76, nr. 3 bis, 1967.

[3] Diacon, Al., Seteanu, I. și Popa, R. *Model determinist generalizat pentru optimizarea exploatării cascadelor de centrale hidroelectrice*. În: Energetica, vol. 24, nr. 11, 1976.

[4] Lasdon, L. S. *Teoria optimizării sistemelor mari*. Editura tehnică, București, 1975.

(Articol intrat în redacție la 19 mai 1979)

Unele aspecte privind îmbunătățirea regimului electric de lucru al unui cuptor cu arc

Ing. R. Sfichi*)

1. Considerații generale

Concomitent cu creșterea cerințelor de oțeluri de calitate, cuptoarele electrice cu arc au căpătat o mare răspîndire în siderurgie. Aceste cuptoare sînt mari și foarte mari consumatoare de energie electrică și oferă largi posibilități pentru gospodărirea rațională a acesteia.

În cele ce urmează ne vom referi la cuptoarele de acest gen, cu acțiune directă, la care arcul electric se produce între electrozi și metalul topit, iar căldura dezvoltată în arc se transmite șarjei prin radiație și conducție termică.

Temperatura ridicată a arcului electric permite utilizarea acestor cuptoare pentru topirea oțelului (în special a oțelurilor aliate), avantajul principal față de convertizoarele cu insuflare de oxigen utilizate în oțelăriile moderne constînd în posibilitatea încărcării cuptorului numai cu deșeuri de fier vechi.

În cuptoarele cu arc electric în vid se topesc metalele și aliajele greu fuzibile, active din punct de vedere chimic (zirconiu, titan, molibden etc.).

Schema principială de conexiune la rețea a unui cuptor cu arc este cea prezentată în figura 1.

Principalul parametru energetic al unui asemenea cuptor este puterea transformatorului de alimentare. Ceea ce caracterizează esențial transformatoarele acestor cuptoare este faptul că ele trebuie să permită variația tensiunii secundare într-o plajă largă și să suporte în bune condiții șocurile mari de curent ce pot să apară în timpul procesului metalurgic de elaborare a oțelului.

Pentru o anumită poziție a electrozilor, lungimea arcului variază continuu și, implicit, curentul prin arc și puterea acestuia.

Pentru a preîntîmpina acest lucru și a asigura o bună stabilitate a arcului, cuptoarele sînt prevăzute cu sisteme de reglare automată a puterii (electromecanice sau electrohidraulice), care comandă deplasarea electrozilor, astfel ca impedanța arcului să rămînă constantă.

Pentru limtarea curenților de scurtcircuit (care se produc frecvent), în unele cazuri trebuie să se introducă în circuit o bobină de reactanță.

La cuptoarele de mare capacitate (peste 20 t), reactanța rețelei scurte este suficient de mare, astfel că în acest caz bobina poate lipsi.

Fazele tehnologice principale de funcționare a unui cuptor cu arc, care implică consum de energie electrică, sînt: pornirea, topirea, afinarea (oxidarea) și dezoxidarea-alierea [14].

Transformatorul de alimentare este conectat la rețea la începutul fazei tehnologice de pornire.

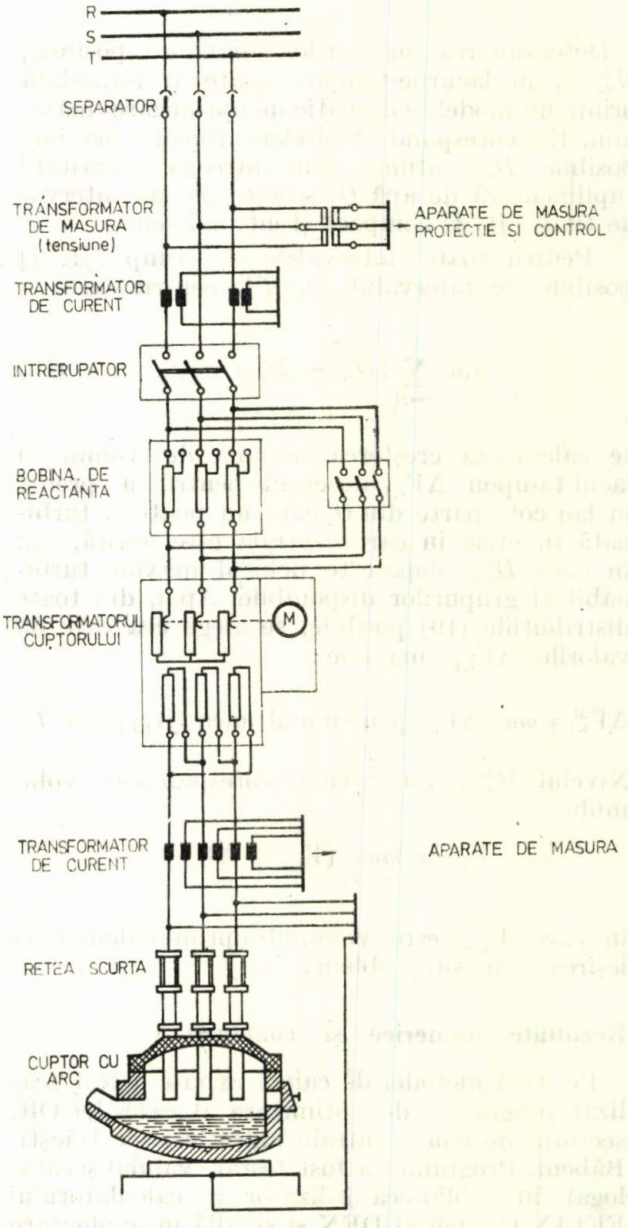


Fig. 1. Schema electrică de alimentare a cuptorului cu arc.

Electrozii se aduc în contact cu încărcătura solidă a cuptorului și apoi se îndepărtează de aceasta pentru a trage arcul.

La început, arcul arde greu și se întrerupe ușor, trebuind tras din nou. În această fază, în secundarul transformatorului de alimentare se produc scurtcircuite mono-, bi- sau trifazate, care alternează cu întreruperi complete, dînd variații de sarcină importante pentru rețea și variații de tensiune pe barele de alimentare.

*) Romulus Sfichi este inginer principal proiectant I la I.R.E. Suceava.

După amorsarea arcurilor electrice pe cele trei faze, începe faza tehnologică propriu-zisă de topire, care implică cel mai mare consum de energie și care are durata cea mai mare în raport cu celelalte faze tehnologice de funcționare a cuptorului.

Studii efectuate în țara noastră [1], pentru un cuptor cu capacitatea de 50 t, dovedesc că 79% din cantitatea totală de energie electrică necesară elaborării unei șarje de oțel este consumată în decursul fazei tehnologice de topire.

Pentru a se mări productivitatea cuptorului, există tendința de a se reduce durata topirii prin mărirea puterii absorbite. Acest lucru se poate realiza prin mărirea tensiunii de alimentare (impedanța arcului fiind menținută constantă de sistemul de reglare automată a puterii).

Utilizarea unei tensiuni primare mărite de alimentare a cuptoarelor electrice cu arc este o măsură care conduce la îmbunătățirea performanțelor energetice ale acestora [1]. Mărirea acestei tensiuni nu se poate face însă decît pînă la limita superioară a valorilor admisibile de rezistență termică a căptușelii pereților și bolții [2], deoarece la tensiuni înalte radiația directă a arcurilor lungi prezintă pericolul de a produce supraîncălziri inadmisibile ale suprafeței interioare a zidăriei refractare.

Următoarele două faze tehnologice (afinarea și dezoxidarea-alierea) implică energii necesare mult mai mici.

În faza de afinare a oțelului, arderea arcului este stabilă și de aceea bobina de reactanță poate fi scurtcircuitată.

Unii furnizori de cuptoare cu arc [10] recomandă folosirea bobinei de reactanță numai în faza de topire, deci în intervalul de timp în care scurtcircuitele apar foarte frecvent.

Durata acestor faze este impusă de considerente de ordin tehnologic, și nu energetice, iar puterea absorbită se reduce substanțial. Pentru aceasta tensiunea de alimentare, corespunzătoare acestor faze tehnologice, se reduce de regulă la 70% și, respectiv, 50% față de tensiunea utilizată în faza de topire [4]. În timpul afinării se menține o tensiune ridicată pentru a asigura oxidarea unei părți a carbonului.

2. Regimul electric de lucru al cuptorului cu arc.

Regimul electric al cuptorului are o importanță deosebită din punctul de vedere al economiei de energie electrică.

La o capacitate dată a cuptorului, durata fazei de topire este cu atît mai scurtă și consumul specific de energie electrică cu atît mai mic cu cît puterea transformatorului este mai mare.

Există însă o limită optimă pentru puterea transformatorului, aferentă fiecărei capacități de cuptor, pentru care cheltuielile anuale actualizate sînt minime [4].

Regimul electric de lucru al cuptorului cu arc este caracterizat de tensiunea secundară a transformatorului cuptorului, curentul în arc, reactanța și rezistența circuitului cuptorului.

În cadrul studiului simplificat al caracteristicilor de funcționare a cuptoarelor electrice cu arc se pleacă de la ipoteza că arcul electric reprezintă o rezistență electrică liniară.

În realitate, arcul electric reprezintă o rezistență neliniară.

Ipoteza liniarității arcului electric, care se admite [2], [3], [5], nu modifică esențial concluziile ce rezultă din studiul calitativ și cantitativ al problemei.

Caracteristicile de funcționare se referă atît la fenomenele din cuptor, cît și la întreaga instalație de alimentare a acestuia, reprezentată schematic în figura 1.

Neglijînd curentul de magnetizare al transformatorului în raport cu curentul de sarcină, schema electrică echivalentă (simplificată) a unei faze a circuitului cuptorului (raportată la primarul transformatorului) este prezentată în figura 2 *a*.

În figura 2 *b* este prezentată diagrama impedanțelor pe o fază a cuptorului, pe care s-a figurat și situația acestor impedanțe pentru cazul transformatorului maxim de putere la arcul electric.

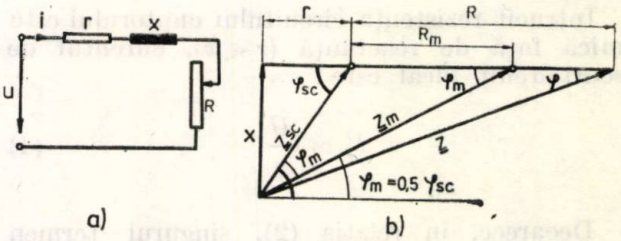


Fig. 2. Schema electrică echivalentă (*a*) și diagrama impedanțelor (*b*) a cuptorului cu arc electric.

Parametrii schemei (fig. 2 *a*) sînt:

$$r = R_B + R_T + R'_L\,; \quad x = X_B + X_T + X'_L \quad (1)$$

în care

R_B, X_B reprezintă rezistența și, respectiv, reactanța pe o fază a bobinei de reactanță;

R_T, X_T — rezistența și reactanța unei faze a transformtorului raportate la primarul acestuia;

R'_L X'_L — rezistența și reactanța rețelei scurte raportate la primarul transformatorului.

Tensiunea efectivă de fază a rețelei de alimentare este U, iar $R \in [0, \infty]$ reprezintă rezistența de fază raportată la primarul transformatorului, echivalentă arcului din cuptor.

La scurtcircuitul electrozilor cu şarja, $R=0$, iar la stingerea arcului electric $R=\infty$.

Comportarea arcului în diferite regimuri de funcţionare este exprimată deci prin rezistenţa variabilă echivalentă R.

În scopul determinării regimului electric optim de lucru al cuptorului cu arc este necesar să se traseze caracteristicile electrice ale instalaţiei, care exprimă dependenţa faţă de variaţia curentului de fază din primar (curentul de sarcină) a următoarelor mărimi: puterea aparentă absorbită de cuptor (S), puterea activă absorbită de cuptor (P), puterea reactivă absorbită de cuptor (Q), puterea pierdută în elementele schemei (P_1), puterea activă dezvoltată în arc (P_2), factorul de putere ($\cos\varphi$) şi randamentul electric (η_{el}).

Elementul variabil, de care depinde însă şi variaţia curentului de sarcină I, este rezistenţa electrică a arcului $R\in[0,\infty]$.

Astfel, din figura 2 *a* rezultă:

$$I=\frac{U}{Z}=\frac{U}{\sqrt{(r+R)^2+x^2}},\quad R\in[0,\infty] \tag{2}$$

Aşadar domeniul de variaţie a curentului de sarcină pe fază este:

$$I\in\left[I_{sc}=\frac{U}{Z_{sc}}=\frac{U}{\sqrt{r^2+x^2}},0\right] \tag{3}$$

Întrucît rezistenţa circuitului cuptorului este mică faţă de reactanţă ($r\ll x$), curentul de scurtcircuit ideal este:

$$I'_{sc}\simeq\frac{U}{x} \tag{4}$$

Deoarece, în relaţia (2), singurul termen variabil este rezistenţa R a arcului electric, rezultă că locul geometric al fazorului curentului de sarcină este un cerc cu diametrul I'_{sc} (fig. 3). S-a obţinut astfel diagrama cercului pentru cuptorul cu arc.

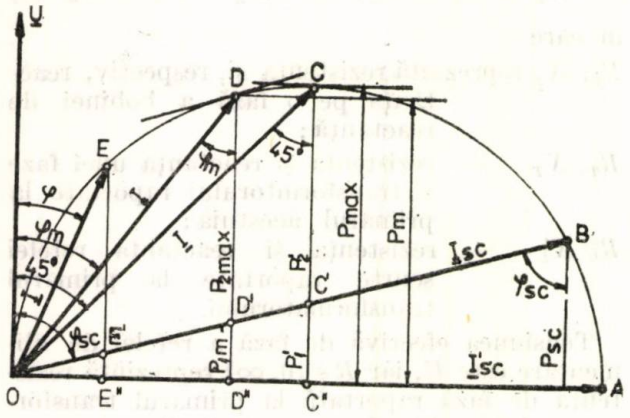


Fig. 3. Diagrama cercului la cuptorul cu arc.

Corespunzător domeniului de variaţie a curentului de sarcină, factorul de putere a instalaţiei are următorul domeniu de variaţie:

$$\cos\varphi=\frac{r+R}{Z}=\frac{r+R}{\sqrt{(r+R)^2+x^2}},$$

$$\cos\varphi\in\left[\cos\varphi_{sc}=\frac{r}{Z_{sc}},1\right] \tag{5}$$

Deoarece $Z_{sc}=\dfrac{U}{I_{sc}}$, relaţia (5) se mai poate pune sub forma:

$$\cos\varphi\in\left[\cos\varphi_{sc}=\frac{rI_{sc}}{U},1\right] \tag{6}$$

Aceasta înseamnă că unghiul de defazaj dintre tensiune şi curent are domeniul de variaţie:

$$\varphi\in\left[\varphi_{sc}=\arccos\frac{rI_{sc}}{U},0\right] \tag{7}$$

Este de observat, în relaţiile (6) şi (7), că $rI_{sc}=\Delta U_{asc}$ reprezintă componenta activă a căderii de tensiune în situaţia de scurtcircuit, astfel că $\Delta U_{asc}/U$ reprezintă valoarea relativă a acestei componente.

Puterea aparentă absorbită de cuptor pe o fază este:

$$S=UI,\quad S\in\left[UI_{sc}=\frac{U^2}{Z_{sc}},0\right] \tag{8}$$

Puterile activă şi, respectiv, ractivă ale cuptorului, pe o fază, sînt:.

$$P=UI\cos\varphi,\quad P\in[rI_{sc}^2,0] \tag{9}$$

$$Q=UI\sin\varphi,\quad Q\in[I_{sc}\sqrt{U^2-(\Delta U_{asc})^2},0] \tag{10}$$

Puterea dezvoltată în arcul electric, pe o fază, este:

$$P_2=RI^2=\frac{RU^2}{(r+R)^2+x^2},\quad R\in[0,\infty] \tag{11}$$

Pentru a utiliza cît mai complet puterea transformatorului, ca şi în scopul scurtării duratei de topire, este necesar să se determine valoarea R şi, respectiv, I pentru care P_2 are valoarea maximă.

Din relaţia (11) rezultă, pe baza aplicării teoremei transferului maxim de putere, că P_2 are valoarea maximă atunci cînd:

$$R_m=\sqrt{r^2+x^2}=Z_{sc} \tag{12}$$

Înlocuind (12) în (2_1), se obține:

$$I_m = \frac{U}{\sqrt{2}\,x}\sqrt{1-\frac{r}{Z_{sc}}} = \frac{U}{x}\sin\frac{\varphi_{sc}}{2} \qquad (13)$$

Valoarea curentului I_m, exprimată prin relația (13), este o valoare optimă [4], care corespunde și consumului specific minim de energie al cuptorului.

Înlocuind (12) în (11_1), se obține valoarea maximă a puterii dezvoltate în arc:

$$P_{2max} = \frac{U_2}{2(r+Z_{sc})} = \frac{U^2}{4Z_{sc}}\sec^2\frac{\varphi_{sc}}{2} \qquad (14)$$

Așadar relațiile (12) și (13) condiționează teoretic regimul electric optim de funcționare a cuptorului, exprimînd *adaptarea arcului electric la circuitul de alimentare.*

Din această cauză este util să se determine și valorile cos φ, S, P, Q, P_1 și η_{el} pentru această situație.

Astfel, avînd în vedere (12), din (5_1) rezultă:

$$\cos\varphi_m = \sqrt{\frac{1}{2}\left(1+\frac{r}{Z_{sc}}\right)} = \sqrt{\frac{1}{2}(1+\cos\varphi_{sc})} \qquad (15)$$

Comparînd (15) cu (5_2), se poate constata ușor că $\varphi_m = 0{,}5\ \varphi_{sc}$.

Puterea aparentă introdusă în circuit, în situația de transfer maxim, este:

$$S_m = UI_m = \frac{U^2}{\sqrt{2}\,x}\sqrt{1-\frac{r}{Z_{sc}}} = \frac{U^2}{x}\sin\frac{\varphi_{sc}}{2} \qquad (16)$$

În aceeași situație puterile activă și respectiv reactivă, introduse în circuit, sînt:

$$P_m = S_m\cos\varphi_m = \frac{U^2}{2x}\sqrt{1-\left(\frac{r}{Z_{sc}}\right)^2} = \frac{U^2}{2x}\sin\varphi_{sc} \qquad (17)$$

$$Q_m = S_m\sin\varphi_m = \frac{U^2}{2x}\left(1-\frac{r}{Z_{sc}}\right) = \frac{U^2}{x}\sin^2\frac{\varphi_{sc}}{2} \qquad (18)$$

Puterea electrică activă pierdută pe o fază în elementele schemei de alimentare a cuptorului este:

$$P_{1m} = rI_m^2 = \frac{rU^2}{2x^2}\left(1-\frac{r}{Z_{sc}}\right) = \frac{rU^2}{x^2}\sin^2\frac{\varphi_{sc}}{2} \qquad (19)$$

Randamentul electric al cuptorului, în situația de transfer maxim de putere pe arc, este dat de relația:

$$\eta_{elm} = \frac{P_{2max}}{P_m} = \frac{1}{1+\frac{r}{Z_{sc}}} = 0{,}5\sec^2\frac{\varphi_{sc}}{2} \qquad (20)$$

În cele de mai sus s-a dat o mai mare dezvoltare teoretizării schemei electrice echivalente simplificate a cuptorului cu arc pentru a sublinia faptul că, în situația de transfer maxim de putere, defazajul φ_m nu este $\frac{\pi}{4}$, așa cum se indică în unele lucrări [2], [3], ci mai mic.

Într-adevăr din (5_2) și (15) rezultă:

$$\cos\varphi_m = \sqrt{\frac{1}{2}\left[1+\frac{1}{\sqrt{1+(x/r)^2}}\right]};$$

$$\cos\varphi_m > \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \varphi_m < \frac{\pi}{4} \qquad (21)$$

Din (21) rezultă că $\varphi_m = \frac{\pi}{4}$ numai în cazul ideal, cînd se neglijează rezistența electrică echivalentă din schemă ($r = 0$), ceea ce practic nu se poate face.

În afară de aceasta, din (20) se constată că randamentul electric al cuptorului în situația de transfer maxim de putere, este:

$$\eta_{elm} = \frac{1}{1+\frac{1}{\sqrt{1+(x/r)^2}}} \qquad (22)$$

Din (22) rezultă ușor că în cazul ideal ($r=0$) randamentul electric $\eta_{elm}=1$. În realitate, $r>0$, astfel încît, din acest punct de vedere, în situația de regim electric optim în faza de topire, bobina de reactanță conectată în circuitul de alimentare are ca efect și un randament electric mai bun al cuptorului ($x > r$).

În aceeași situație, oricît de mare ar fi reactanța x în raport cu rezistența r, factorul de putere nu poate deveni mai mic ca $\frac{\sqrt{2}}{2} \simeq 0{,}705$.

Literatura de specialitate subliniază mai puțin acest aspect, deși exploatarea rațională a cuptoarelor electrice cu arc implică utilizarea lui. Aceasta cu atît mai mult cu cît este demonstrat [5] că, pentru continuitatea arderii arcului, cos $\varphi \leqslant 0{,}85$.

Or, relațiile (21) și (22) sînt contradictorii sub aspectul influenței reactanței x, în sensul că randamentul electric crește odată cu creșterea reactanței ($\eta_{elm} \to 1$ cînd $x \to \infty$), iar cos φ_m scade $\left(\cos\varphi_m \to \frac{\sqrt{2}}{2}\right.$ cînd $\left.x \to \infty\right)$.

Este de preferat un randament mai bun, în condițiile cos $\varphi \leqslant 0{,}85$, și transfer maxim de putere dezvoltată în arcul electric.

Ceea ce însă este dezavantajos în cazul transferului maxim de putere este faptul că tensiunea arcului este doar jumătate din tensiunea de alimentare a cuptorului [5]. Din acest motiv,

domeniul curenților de lucru ai cuptoarelor electrice cu arc trebuie să se situeze în stînga punctului D (fig. 2 *b*), în care $I < I_m$.

În acest fel, factorul de putere este ceva mai mare și în același timp o parte mai mare din tensiunea de fază se aplică pe arc, iar randamentul cuptorului se menține la o valoare încă destul de bună. Este evident că în acest caz, pentru schema electrică echivalentă simplificată admisă, arcul nu mai primește maximul de putere.

Este de reținut că într-adevăr se obține un maxim de putere pentru $\varphi = \frac{\pi}{4}$ $\left(\cos\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}705\right)$, dar acesta se referă la puterea activă globală absorbită de cuptor (P), și nu la puterea utilă degajată în arc.

Într-adevăr, din (2_1), (5_1) și (9_1) rezultă:

$$P = \frac{U^2}{r + R + \frac{x^2}{r + R}}, \quad R \in [0, \infty] \qquad (23)$$

Maximul $P(R)$ se obține, potrivit (23), atunci cînd:

$$r + R' = \frac{x^2}{r + R'} \Leftrightarrow R' = x - r \qquad (24)$$

În această situație se obține:

$$P_{max} = \frac{U^2}{2x}; \quad \cos\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{4} \qquad (25)$$

$$I' = \frac{U}{\sqrt{2}\,x}; \quad P_2' = \frac{(x - r)U^2}{2x^2};$$

$$P_1' = \frac{rU^2}{2x^2}; \quad \eta_{el}' = 1 - \frac{r}{x} \qquad (26)$$

Relația (26_4) confirmă și în acest caz că $\eta_{el}' \to 1$ atunci cînd $x \to \infty$, factorul de putere (25_2) nefiind influențat de valoarea acestei reactanțe.

În figura 3 segmentele verticale $\overline{CC''}$, $\overline{DD''}$, $\overline{EE''}$ reprezintă, la o anumită scară, puterile active pe o fază absorbite de cuptor. Segmentele verticale cuprinse între arcul de cerc $OEDCBA$ și dreapta OB ($\overline{CC'}$, $\overline{DD'}$, $\overline{EE'}$) reprezintă puterile active absorbite de arcul electric, iar segmentele verticale aflate sub această dreaptă ($\overline{C'C''}$, $\overline{D'D''}$, $\overline{E'E''}$) reprezintă pierderile de putere în instalația de alimentare a arcului electric.

În mod practic ridicarea caracteristicilor de funcționare a cuptoarelor electrice cu arc, pentru fiecare treaptă de tensiune secundară, se face pornind de obicei de la valoarea căderii de tensiune relative pe reactanța schemei echivalente, la curentul nominal I_n:

$$\Delta U_x\% = \frac{I_n x}{U} \cdot 100 \Leftrightarrow \frac{I_n x}{U} = \frac{\Delta U_x\%}{100} \qquad (27)$$

Cunoscîndu-se $\Delta U_x\%$, se determină ușor factorul de multiplicare a curentului de scurt-circuit ideal al instalației cuptorului față de curentul nominal:

$$k = \frac{I_{sc}'}{I_n} = \frac{U}{xI_n} = \frac{100}{\Delta U_x\%} \qquad (28)$$

În scopul asigurării unui regim normal de funcționare a cuptorului (arc stabil și evitarea suprasolicitării electrice a echipamentului electric al cuptorului), literatura tehnică recomandă valori diferite pentru k.

Astfel, [2], [3], [8] recomandă $k = 2{,}5 \ldots 3{,}5$, în timp ce [5] recomandă $k = 1{,}8 \ldots 2{,}5$.

În cele ce urmează se arată că ultimele valori ($k = 1{,}8 \ldots 2{,}5$) recomandate conduc la un regim electric mai bun pentru cuptorul electric cu arc. Ca urmare, caracteristicile de funcționare a cuptorului se obțin ușor:

$$S = UI; \quad P = I\sqrt{U^2 - (xI)^2}; \quad Q = I\sqrt{U^2 - (rI)^2} \qquad (30)$$

$$P_1 = rI^2; \quad P_2 = I\sqrt{U^2 - (xI)^2} - rI^2 \qquad (31)$$

$$\eta_{el} = \frac{P_2}{P} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R}}; \qquad (32)$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{UI} = \sqrt{1 - \left(\frac{xI}{U}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{k}\right)^2}$$

Determinarea grafică a mărimii factorului de putere și a randamentului se face cu ajutorul diagramei cuptorului ce se întocmește în acest scop (fig. 4).

În privința mărimii coeficientului k, este de observat din (32_2) că pentru valori de 2,5...3,5

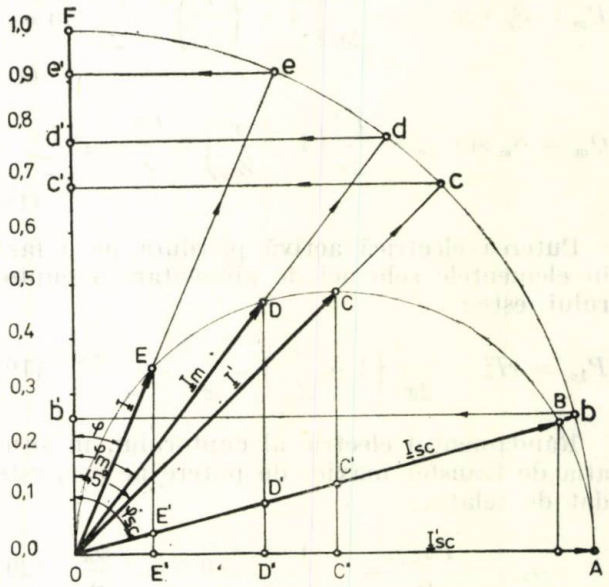


Fig. 4. Diagrama cuptorului cu arc pentru determinarea factorului de putere și a randamentului.

rezultă cos $\varphi = 0{,}92 \ldots 0{,}96$, iar pentru $k = 1{,}8 \ldots 2{,}5$ rezultă cos $\varphi = 0{,}83 \ldots 0{,}92$. Este de preferat $k = 1{,}8 \ldots 2{,}5$, deoarece se asigură o mai bună continuitate a arderii arcului electric, chiar pentru puteri de scurtcircuit nu prea mari în circuitul de alimentare al cuptoarelor. Fără îndoială că performanța cos $\varphi = 0{,}96$ se poate obține, dar acest lucru este posibil numai la cuptoare moderne, cu putere de scurtcircuit mare în circuitul de alimentare.

Trasarea caracteristicilor de funcționare a cuptoarelor [2], [3], [5], [8] nu prezintă probleme neclare.

3. Studii și măsurători efectuate asupra unui cuptor electric cu arc de 3t

Investigațiile practice legate de tema acestei lucrări s-au făcut asupra unui cuptor electric cu arc de 3 t pentru topit oțel de tip IHF–3/A (de proveniență R.P.U). Principalele caracteristici ale acestui cuptor [10] sînt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Puterea nominală a transformatorului kVA	Tensiunea primară kV	Curentul nominal primar A	Tensiunea secundară V	Curentul nominal secundar kA	Puterea nominală a bobinei de reactanță kVar
2000	6	193	116...200	5,76	500

Tensiunea secundară a transformatorului poate fi modificată în cinci trepte: 116, 132, 151, 175 și 200 V.

Puterea nominală indicată în tabelul 1 pentru cuptorul în cauză corespunde tensiunii secundare maxime.

Treptele bobinei de reactanță sînt: 0, 1/4, 2/4, 3/4 și 4/4.

Conform precizării firmei furnizoare [10], transformatorul cuptorului poate fi supus unei suprasarcini de 30% timp de 60–65 minute și are un randament de 0,85.

Bilanțurile energetice întocmite pentru unitatea care are în dotare asemenea cuptoare [11], [13] au avut în vedere cinci șarje experimentale.

Ecuația bilanțului energetic pentru elaborarea unei șarje de oțel se poate pune sub forma:

$$W_e + W_{ch} = C_s \cdot M + \Sigma p, \qquad (33)$$

în care

W_e este energia electrică absorbită din rețea;
W_{ch} — energia reacțiilor chimice exoterme;
C_s — consumul specific util de energie pe șarjă;
M — masa șarjei de oțel lichid;
Σp — suma pierderilor de energie.

Din determinările practice făcute pentru bilanțul real, au rezultat următoarele valori medii ale consumurilor pe cele cinci șarje: $W_e = 82\%$, $W_{ch} = 18\%$, $C_s \cdot M = 46\%$, $\Sigma p = 54\%$.

Deci randamentul energetic al cuptorului este de 46%, iar randamentul electric $(C_s \cdot M / W_e)$ de 55%.

Repartiția pierderilor de energie a fost, în %:

— energia gazelor evacuate	2,02
— energia pierdută prin pereți, boltă și vatră	21,90
— energia pierdută prin electrozi	2,49
— energia pierdută la încărcare	2,25
— energia pierdută prin orificii	9,79
— energia pierdută prin apa de răcire	6,88
— pierderi electrice	8,67

Media consumului specific de energie electrică pe cele cinci șarje a fost de 909 kWh/t oțel lichid produs, ceea ce este mai mare decît 750–850 kWh cît se realizează în țară.

După cum se observă, pierderile electrice dețin o pondere relativ mică, cea mai mare pondere avînd-o pierderile termice.

Prin adoptarea unei game largi de măsuri tehnologice [4], [9] și tehnico-organizatorice [14] s-a reușit să se reducă consumul specific de energie electrică la 835 kWh/t de oțel lichid.

Între aceste măsuri, cele mai importante au fost: scurtarea timpului de ajustare a vetrei cuptorului prin pregătirea corespunzătoare a materialelor necesare, scurtarea duratei de încărcare, supraîncărcarea cuptorului cu 5–10%, scurtarea celorlalte faze tehnologice dozarea corespunzătoare a componenților șarjei, precum și o mai bună realizare a căptușelii bazice a cuptorului (cărămidă refractară de magnezită).

Un rol deosebit în optimizarea bilanțului energetic al cuptorului IHF–3/A l-a avut tocmai asigurarea funcționării acestuia, din punct de vedere electric, în apropierea punctului D (fig. 3), în faza de topire asigurîndu-se transferul maxim de putere electrică pe arc, cu bobina de reactanță pe treapta maximă. Acest lucru a dovedit valabilitatea relațiilor teoretice (21) și (22) și interpretările acestora făcute în cadrul lucrării de față.

4. Studiul regimului deformant al cuptorului electric cu arc IHF – 3/A

Cuptorul cu arc fiind o sursă de armonici superioare ale curentului (element deformant de speța întîi), în cadrul investigațiilor făcute asupra cuptorului respectiv s-a procedat la oscilografierea tensiunii și curentului de linie, atît pe partea de joasă tensiune cît și pe partea de medie tensiune a transformatorului cuptorului, pentru diferitele faze tehnologice ale procesului metalurgic de elaborare a oțelului [12].

Analiza armonică pe calculator a oscilogramelor obținute (prin fotografiere) pune în evidență faptul că în diferite faze tehnologice, și îndeosebi în cea de topire, curba curentului este nesinusoidală și neperiodică, curentul de linie putînd fi considerat ca un semnal modulat în amplitudine după o lege aleatorie.

Datorită nesimetriei arcului, în spectrul discret al curenților de linie, pe lîngă armonicile canonice (5, 7, 11, 13...) apar și armonicile de ordin 2, 3, 4, 6... cu ponderi de același ordin de mărime cu primele, ceea ce contribuie la creșterea coeficientului de distorsiune al curentului.

Datorită prezenței armonicilor în curba curentului de linie apar armonici și în curba tensiunii de alimentare, ca urmare a căderilor de tensiune produse de armonicile de curent.

În figura 5 *a* este prezentată oscilograma curentului în faza de topire a cuptorului, înregistrat în punctul de alimentare de 6 kV a unității (celula de plecare a cuptorului). Datorită variației rapide a curentului (100...250 A), se observă că la o singură fotografiere s-au înregistrat mai multe curbe ale curentului.

Din analiza armonică a acestei oscilograme rezultă un spectru larg de armonici, în care ponderea cea mai mare o au armonicile de ordin 2 (14...21%) și 3 (13...29%). Un nivel destul de ridicat îl au și armonicile de ordin 4, 6, 7, astfel încît coeficientul de distorsiune al curentului este de 32,7%.

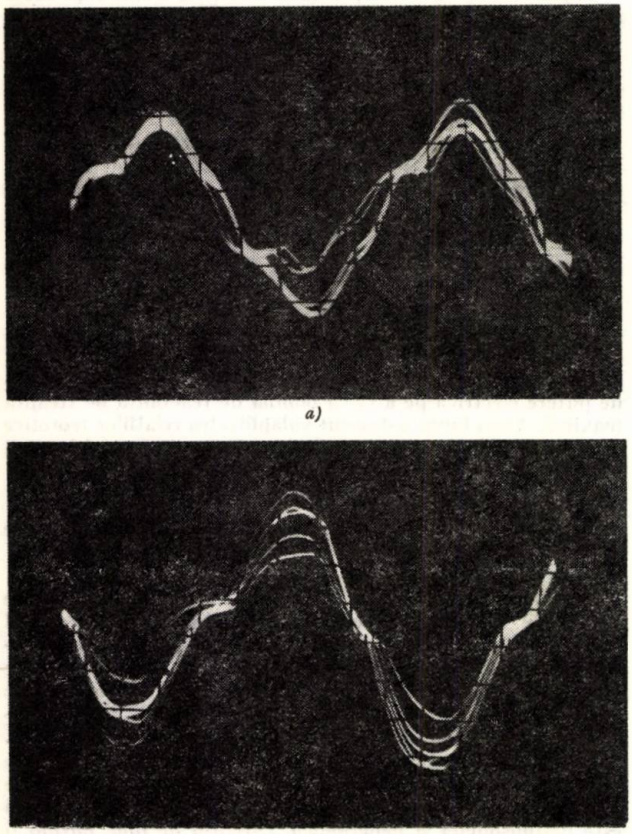
În figura 5 *b* este prezentată oscilograma curentului în același punct de înregistrare, însă pentru faza de afinare.

Se observă că unda de curent este la fel de distorsionată, dar cu un alt spectru de armonici. Ponderea cea mai mare o are armonica de ordin 3 (24...29%), urmată de cea de ordin 5 (11...15%), iar coeficientul de distorsiune este de 34,2%.

Înregistrările curentului pe partea de joasă tensiune a cuptorului scot în evidență forme și mai distorsionate. Coeficientul de distorsiune al curentului de alimentare pe partea de joasă tensiune variază între limitele 21...47% și rezultă cu atît mai mare cu cît curentul este mai mic.

În ceea ce privește tensiunea de 6 kV înregistrată pe partea de 6 kV a punctului de alimentare a unității (celula de măsură a punctului de alimentare), aceasta se prezintă ca în figura 6.

Din analiza armonică a oscilogramei acestei tensiuni se reține că armonicile mai importante sînt cele de ordin 2 (3,3%), 3 (4,6%) și 5 (1,93%). Coeficientul de distorsiune al tensiunii atinge valoarea de 4,1% .



a)

b)

Fig. 5: *a* — curent pe partea de 6 kV (faza de topire); *b* — curent pe partea de 6 kV (faza de afinare).

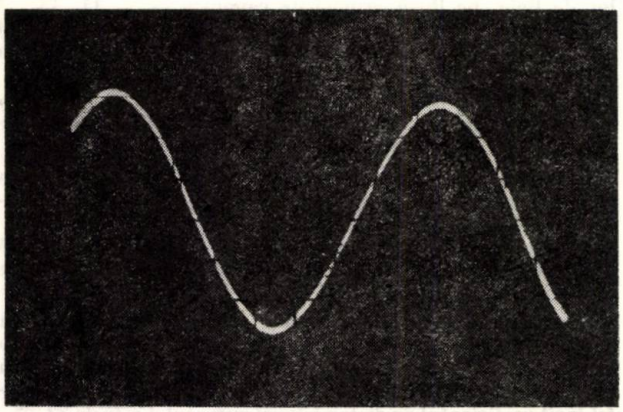


Fig. 6. Oscilograma tensiunii de alimentare 6 kV a cuptorului cu arc.

Înregistrările tensiunii din secundarul transformatorului de alimentare a cuptorului scot în evidență distorsiuni mult mai mari.

Ponderea cea mai mare o au armonicile de ordin 3 (18... 19%), dar apar, temporar, și armonici importante de ordin 2 (5...15%) și 5 (5...10%). Valoarea coeficientului de distorsiune al tensiunii joase ia valori cuprinse în intervalul 24...25% .

Întreprinderea mai posedă încă două cuptoare cu arc (unul identic cu cel studiat și unul de 1,5 t, și de aceeași proveniență).

Faptul că la funcționarea simultană a cuptoarelor distorsiunea tensiunii pe barele de alimentare de 6 kV alte întreprinderii este de numai 4,1% , inferioară limitei de 5% [15], arată că nu este deocamdată strict necesară instalarea unei baterii de filtre.

Armonicile de curent generate de cuptoarele electrice cu arc ale întreprinderii în cauză au posibilitatea de a circula relativ ușor fie spre sistemul național, prin rețeaua de 110 kV, fie spre centrala (CET) proprie a unei întreprinderi vecine, interconectată cu sistemul.

Efectul armonicilor de curent nu poate fi nociv, deoarece alternatoarele sînt de puteri ridicate, iar căile de curent pe care le parcurg (spre CET și sistem) sînt de reactanțe foarte mari.

Celelalte posturi de transformare ale întreprinderii (alimentate de pe aceeași bară de 6 kV cu cuptoarele) au montate baterii de condensatoare pe barele de 0,4 kV.

Factorul de putere al întreprinderii fiind mai mare decît cel neutral, nu s-au pus probleme de compensare a energiei reactive absorbite de cuptoare.

Ese de reținut faptul că ridicarea caracteristicilor electrice ale cuptorului pe baza schemei electrice simplificate (fig. 2 *a*) și a ipotezei liniarității rezistenței arcului electric diferă față de cele experimentale, tocmai datorită regimului electric deformant în care lucrează cuptorul. Valorile teoretice sînt mai mari decît cele experimentale. Astfel, randamentul electric calculat în ipotezele simplificatoare admise este cu 1—3% mai mare decît cel dedus pe cale experimentală.

Concluzii

a) Lucrarea aprofundează teoretic problemele regimului electric optim al cuptoarelor electrice cu arc, investigînd mărimea randamentului și factorului de putere în jurul punctului de pe curba $P_2(I)$ în care are loc transferul maxim de putere pe arc.

Funcționarea cuptorului are loc în regim optim în condițiile în care aceasta corespunde unui punct apropiat punctului D (fig. 3) de pe caracteristica $P_2(I)$ și în situația în care, în faza de topire, bobina de reactanță este conectată pe treapta maximă.

Investigațiile practice făcute pe un cuptor electric cu arc de 3 t confirmă această concluzie.

b) Regimul electric real în care lucrează cuptoarele electrice cu arc este cel deformant.

În cazul cuptoarelor electrice cu arc de capacitate relativ mică (1—10 t), distorsiunea tensiunii pe barele de alimentare (6—20 kV) nu depășește în general 5%. Totuși, în perioada de amorsare a arcului, coeficientul de distorsiune ar putea depăși cu mult această valoare-limită, datorită ponderii ridicate a armonicilor, de ordin 2 și 4, dificil de filtrat.

În cazul practic studiat, al unei întreprinderi cu trei cuptoare electrice cu arc de capacitate relativ mică (două cuptoare de 3 t și un cuptor de 1,5 t), funcționînd simultan, nu este strict necesară compensarea regimului deformant.

În eventualitatea extinderii numărului de cuptoare, este posibilă apariția necesității montării unei baterii de filtre de absorbție.

Bibliografie

[1] Bălan, Gh., Ruginǎ, V. și Potlog, D.M. *Influența tensiunii de alimentare asupra indicatorilor energetici ai unui cuptor cu arc.* În: Energetica, 26, nr. 11—12, 1978.

[2] Prisăcaru, V. ş.a. *Utilizările energiei electrice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1969.
[3] Comşa, D. *Utilizări ale energiei electrice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1973.
[4] Feldman, V. şi Văleanu, U. *Utilizarea raţională a energiei electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1966.
[5] Văzdăuţeanu, V. *Utilizările energiei electrice.* Editura didactică şi pedagogică, Buureşti, 1968.
[6] Borlovan, Z. *Regimul energetic al cuptoarelor electrice cu arc de 50 tone.* În: Energetica, 17, nr. 11, 1969.
[7] Comşa, D. şi Darie, S. *Măsurarea mărimilor şi parametrilor cuptoarelor electrice cu arc.* În: Energetica, 24, nr. 8, 1976.
[8] Comşa, D. şi Darie, S. *Influenţa cuptoarelor electrice cu arc asupra reţelelor de distribuţie.* În: Energetica, 24, nr. 7, 1976.
[9] * * * *Manualul inginerului electrician,* vol. VIII. Editura tehnică, Bucureşti, 1959.
[10] * * * *Instalaţie de cuptoare electrice cu arc tip IHF — 3/A.* K.G.V.Y. Societatea de construcţie a instalaţiilor pentru uzine metalurgice Budapesta.
[11] * * * *Bilanţ energetic la IUPS Suceava.* IRE Suceava, 1974.
[12] * * * *Studiul regimului deformant al instalaţiilor electrice şi proiectul tehnic al filtrelor de absorbţie a armonicilor la unele întreprinderi de pe platforma industrială a Municipiului Suceava.* Contract de cercetare I.P. Iaşi — IRE Suceava nr. 25948/1976.
[13] * * * *Bilanţ energetic al cuptorului electric cu arc de 3 t de la IUPS Suceava.* M.A.G.F., Inspectoratul teritorial Suceava 1973.
[14] * * * *Instrucţiuni pentru exploatarea economică a cuptoarelor electrice cu arc cu acţionare directă pentru topirea oţelului, precum şi pentru întocmirea şi analiza bilanţului energetic la aceste cuptoare* (E — 12 — 61) D.G.E. M.S.I., Bucureşti, 1961.
[15] * * * M.E.E. *Normativ privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali şi similari.* PE 124/78. ICEMENERG, Bucureşti, 1978.

(Articol intrat în redacţie la 8 mai 1979)

Asupra adoptării coeficienţilor de siguranţă (selectivitate) în calculul treptelor de măsură ale protecţiilor de distanţă aferente liniilor electrice

Ing. D. Păunescu*)

În configuraţia din figura 1, M, N şi P sînt barele staţiilor adiacente liniilor MN de reactanţă $X_{MN} = a$ şi, respectiv, NP de reactanţă $X_{NP} = \beta a$, în care a şi β sînt parametri variabili.

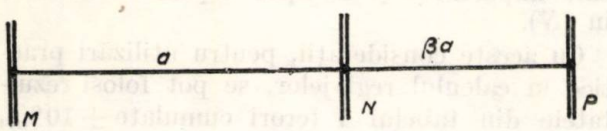


Fig. 1

În general, se acceptă pentru reglajul treptei I a protecţiei de distanţă din N spre M:

$X_{I.N} = (0{,}8 \div 0{,}9)\ a$ şi analog treapta a II-a a protecţiei de distanţă din P spre N.

$X_{II.P} = (0{,}8 \div 0{,}9)\ (\beta a + X_{IN})$, relaţii în care $(0{,}8 \div 0{,}9)$ reprezintă coeficientul de siguranţă (selectivitate).

În continuare se propune o metodologie de adoptare a coeficienţilor de siguranţă (selectivitate) între treptele protecţiilor de distanţă bazată pe luarea în considerare a erorilor cumulate de măsură ale releelor montate în aval, respectiv amonte.

*) Doru Păunescu este inginer în cadrul Direcţiei de exploatare mecano-energetică şi automatizare din M.E.E.

Fie cazul general, în care

$$X_{I.N} = \alpha a$$

şi

$$X_{II.P} = \gamma(\beta a + X_{I.N}) = \gamma(\beta a + \alpha a),$$

în care α şi γ sînt coeficienţi de siguranţă adoptaţi pentru protecţiile din N, respectiv P.

Acceptînd erori cumulate datorate diverşilor factori (aparatul propriu-zis, transformator de măsură de curent, transformator de măsură de tensiune, regimuri deformante etc.) de 10% în sens contrar la elementele de măsură ale celor două relee montate în N, respectiv P, condiţia de selectivitate se scrie:

$$\beta a + 0{,}9\ \alpha a \geqslant 1{,}1\ \gamma(\beta a + \alpha a)$$

sau, avînd în vedere că $a > 0$

$$\beta + 0{,}9\ \alpha \geqslant 1{,}1\ \gamma(\beta + \alpha), \qquad (1)$$

ceea ce duce la condiţia:

$$\boxed{\beta \geqslant \frac{\alpha(1{,}1\gamma - 0{,}9)}{1 - 1{,}1\gamma}} \qquad (2)$$

Apare evident că, pentru orice $\gamma \leqslant \frac{0{,}9}{1{,}1} = 0{,}8181$, relaţia (1) şi deci *selectivitatea între cele două protecţii este îndeplinită* pentru orice $\alpha > 0$ şi $\beta > 0$, condiţii care, negate, ar lipsi problema de sensul său fizic.

Apare de asemenea evident că, pentru orice $\gamma \geqslant \frac{1}{1{,}1} = 0{,}9090$, relaţia (1) şi deci *selectivitatea nu este îndeplinită, indiferent de* α şi β, *iar relaţia (2) nu mai este valabilă.*

Sintetizînd cele de mai sus, se obţin valorile pentru care se realizează condiţiile de selectivitate dictate de relaţia (2), pentru $\alpha = 0{,}8$; 0,85 ; 0,9 şi $\gamma = 0{,}8$; 0,85 ; 0,9 (tabelul 1).

Tabelul 1

γ	0,8			0,85			0,9		
α	0,8	0,85	0,9	0,8	0,85	0,9	0,8	0,85	0,9
$\beta \geq$	0	0	0	0,43	0,456	0,485	7,2	7,6	8,1

Pentru utilizări practice, în calculul de reglaje se pot folosi, independent de α (se observă că influenţa lui este relativ scăzută), următoarele valori pentru γ funcţie de β :

$$\beta \geqslant 9 \qquad \gamma = 0{,}9$$
$$0{,}5 \leqslant \beta \leqslant 9 \qquad \gamma = 0{,}85$$
$$\beta \leqslant 0{,}5 \qquad \gamma = 0{,}8$$

Analog, acceptînd erori cumulate de 15% în sens contrar pentru releele montate în N, respectiv P, condiţia (2) devine :

$$\beta \geqslant \frac{\alpha(1{,}15\,\gamma - 0{,}85)}{1 - 1{,}15\,\gamma} \qquad (3)$$

cu limitele :

$$\gamma \leqslant \frac{0{,}9}{1{,}15} = 0{,}739,$$

caz în care *selectivitatea este asigurată* pentru orice $\alpha > 0$ şi $\beta > 0$ şi

$$\gamma \geqslant \frac{1}{1{,}15} = 0{,}869,$$

caz în care *selectivitatea nu este asigurată*, indiferent de valorile lui α şi β.

Sintetizînd pentru $\alpha = 0{,}8$; 0,85 ; 0,9 şi $\gamma = 0{,}7$; 0,75 ; 0,8 ; 0,85, se obţin valorile înscrise în tabelul 2.

Concluzii

Supraalimentarea, în ipoteza că există, pe bara din aval (N), îmbunătăţeşte selectivitatea pentru protecţia din amonte (P). Reducerea coeficientului de siguranţă (selectivitate), γ, atunci cînd este nevoie, asigură în toate cazurile sensibilitatea minimă, acceptată de regulă la valoarea $K_{sens} = 1{,}2$, pentru protecţia din amonte (P) în treapta a II-a.

În ceea ce priveşte aprecierea erorilor cumulate care pot să apară la elementele de măsură ale releelor (considerate aici pentru două cazuri : $\pm 10\%$ şi $\pm 15\%$), ele trebuie adoptate ţinînd seama de :

— construcţia şi performanţele tipurilor de relee de distanţă montate ;

— construcţia, performanţele şi sarcina secundară a transformatoarelor de măsură de curent, respectiv de tensiune, ce alimentează releele ;

— alţi factori care influenţează măsura.

Se apreciază că o sursă importantă de erori, în sensul afectării selectivităţii, o constituie fenomenul de saturare mai accentuată a transformatoarelor de măsură de curent în aval (N), faţă de cele în amonte (P), din următoarele motive :

— coeficientul de supracurent este mai mic în aval ;

— sarcina secundară este mai mare în aval ;

— raportul nominal de transformare este mai mic în aval.

Evident, condiţiile defavorabile de mai sus acţionează în cazul unor curenţi de scurtcircuit importanţi şi în lipsa supraalimentărilor în (N).

Cu aceste consideraţii, pentru utilizări practice în calculul reglajelor, se pot folosi rezultatele din tabelul 1 (erori cumulate $\pm 10\%$),

Tabelul 2

γ	0,7			0,75			0,8			0,85		
α	0,8	85	0,9	0,8	0,85	0,9	0,8	0,85	0,9	0,8	0,85	0,9
$\beta \geq$	0	0	0	0,0825	0,0875	0,0927	0,7	0,743	0,788	5,2	5,52	5,85

Pentru utilizări practice, indiferent de α, se obţin următoarele valori :

$$\beta \geqslant 6 \qquad \gamma = 0{,}85$$
$$0{,}7 \leqslant \beta \leqslant 6 \qquad \gamma = 0{,}8$$
$$0{,}1 \leqslant \beta \leqslant 0{,}7 \qquad \gamma = 0{,}75$$
$$\beta \leqslant 0{,}1 \qquad \gamma = 0{,}7$$

cu recomandările aferente pentru $n_{TCP} \leqslant n_{TCN}$, şi rezultatele din tabelul 2 (erori cumulate $\pm 15\%$), cu recomandările aferente pentru $n_{TCP} > n_{TCN}$, în care n_{TCP} şi n_{TCN} reprezintă raportul nominal de transformare al transformatoarelor de măsură de curent montate în N, respectiv P.

(Articol intrat în redacţie la 21 februarie 1979)

Principiile calculului luminanțelor în iluminatul rutier

Ing. C. Irinei*)

Dezvoltarea traficului rutier, atît ca număr de vehicule cît și ca viteză de deplasare, a determinat instituțiile specializate în iluminat să-și orienteze lucrările de așa manieră încît să se asigure o creștere a siguranței traficului, să studieze temeinic condițiile de vizibilitate spre a se crea conducătorilor auto condiții de confort vizual maxim, cu scopul de a reduce probabilitatea de accident.

Dar, ceea ce este cel puțin la fel de important, puterea instalată trebuie limitată la o valoare minimă pentru indicatorii impuși de calitatea iluminatului.

Pînă nu demult, calculul iluminatului rutier, ca și studiul performanțelor, se bazau pe iluminare, mărime care nu putea furniza decît o parte din informațiile necesare. Întrucît nici unul dintre indicatorii de calitate cunoscuți (iluminarea medie — E_{med}, sau factorii de uniformitate — E_{min}/E_{med} și E_{min}/E_{max}) și nici ansamblul lor nu furnizează informații satisfăcătoare cu privire la nivelul calitativ al iluminatului din punctul de vedere al observatorului, metodologia de calcul a iluminatului rutier bazată pe iluminare este trecută pe un plan de interes secundar, fiind substituită de calculul bazat pe conceptul luminanței.

Dificultatea care apare în calculul iluminatului pe bază de luminanță derivă din complexitatea proprietăților de reflexie a îmbrăcămințior rutiere. Cu toate acestea, rezultatele unor cercetări îndelungate, efectuate în laboratoare din Europa, Japonia și Statele Unite, au permis caracterizarea destul de precisă a îmbrăcămințior rutiere, din punct de vedere fotometric. Cu aceste date s-a creat posibilitatea de abordare a iluminatului rutier pe baza conceptului luminanței, mărime care, spre deosebire de iluminare, determină impresia vizuală asupra observatorului.

*

Articolul de față face o introducere în principiile de calcul al luminanțelor în iluminatul rutier, definind corelația între datele de intrare (caracteristica de reflexie a îmbrăcăminții rutiere, geometria instalației, poziția obervatorului) și parametrii de calitate ai distribuției luminanței (luminanța medie $\bar{L}$, luminanțele maximă L_{max} și minimă L_{min}, uniformitatea generală U_0 și uniformitatea longitudinală U_l), ansamblul acestor parametri determinînd de fapt performanța vizuală.

Iluminarea orizontală a constituit pînă nu demult cel mai important parametru luat în considerație în calculele și măsurătorile de tehnica iluminatului rutier. Iluminarea într-un punct P al unei suprafețe se determină cu relația:

$$E = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{K_d \cdot H^2}, \qquad (1)$$

în care

E este iluminarea orizontală (lux);
I_α — intensitatea luminoasă în direcția punctului P (candele);
α — unghiul între direcția intensității luminoase și normala în punctul P la suprafața considerată ds;
K_d — factorul de depreciere;
H — înălțimea sursei de lumină (m).

Dacă se iau în considerare coordonatele H, X și Y din figura 1, iluminarea orizontală se determină cu relația:

$$E = \frac{I_\alpha \cdot H}{K_d (H^2 + X^2 + Y^2)^{3/2}} \qquad (2)$$

Pentru cele două relații de calcul, intensitatea luminoasă I_α este dată de constructorii de corpuri de iluminat sub formă tabelară sau sub formă de diagrame izocandele.

Fiind date distribuția intensității luminoase a corpului de iluminat, geometria instalației și factorul de depreciere, se poate calcula iluminarea în orice punct al suprafeței rutiere. În proiectarea curentă se alege un număr convenabil de puncte, dispuse într-o anumită rețea — numărul lor fiind determinat de importanța șoselei, intensitatea traficului și precizia impusă — în care se calculează iluminările orizontale. Iluminarea medie se determină

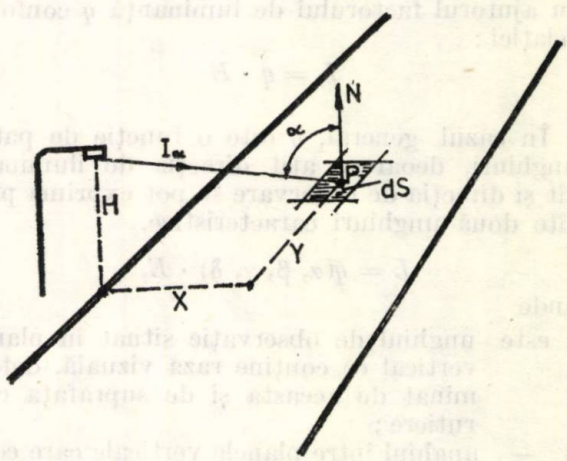


Fig. 1. Determinarea iluminării orizontale în iluminatul rutier.

prin integrare numerică dacă numărul de puncte este suficient de mare, în acest caz erorile fiind mici, sau cu formule simplificate pentru un număr redus de puncte dacă nu se cere o precizie prea mare.

*) Ing. Constantin Irinei este cercetător științific principal la ICEMENERG.

Mărimea fotometrică fundamentală care trebuie luată în considerare în iluminatul rutier este luminanţa, şi nu iluminarea, întrucît luminanţa este aceea care determină senzaţia vizuală. Deşi această constatare a fost făcută cu mai bine de cinci decenii în urmă, datorită complexităţii problemei cercetările s-au limitat multă vreme la sfera academică.

Iluminarea unei suprafeţe rutiere nu depinde decît de proprietăţile fotometrice ale surselor de lumină şi de geometria instalaţiei, în timp ce calculul luminanţei presupune în plus cunoaşterea caracteristicilor de reflexie a îmbrăcăminţii rutiere şi precizarea poziţiei observatorului.

În cazul limită al unei suprafeţe care se supune legilor difuziei perfecte, luminanţa se exprimă prin relaţia

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \qquad (3)$$

în care

L este luminanţa într-un punct (cd/m^2);
E — iluminarea orizontală (lux);
ρ — factorul de reflexie al suprafeţei.

Rezultă că luminanţa depinde doar de factorul de reflexie al suprafeţei şi de iluminarea orizontală şi este independentă de direcţia din care se observă această suprafaţă.

Însă o îmbrăcăminte rutieră nu este o suprafaţă perfect difuzantă, astfel că radiaţia emergentă este guvernată atît de legile reflexiei, cît şi de legile reflexiei regulate. Luminanţa unei suprafeţe este dependentă atît de direcţia de observare cît şi de direcţia luminii incidente, dar este totodată proporţională cu iluminarea orizontală, astfel că reflexia poate fi descrisă cu ajutorul factorului de luminanţă q conform relaţiei :

$$L = q \cdot E \qquad (4)$$

În cazul general, q este o funcţie de patru unghiuri, deoarece atît direcţia de iluminare cît şi direcţia de observare se pot exprima prin cîte două unghiuri caracteristice.

$$L = q(\alpha, \beta, \gamma, \delta) \cdot E, \qquad (5)$$

unde

α este unghiul de observaţie situat în planul vertical ce conţine raza vizuală, determinat de aceasta şi de suprafaţa căii rutiere ;
β — unghiul între planele verticale care conţin raza de lumină incidentă, respectiv raza reflectată ;
γ — unghiul luminii incidente cuprinse între direcţia intensităţii luminoase incidente şi verticala din centrul sursei de lumină ;
δ — unghiul de poziţie în azimut al observatorului.

Măsurarea factorului de reflexie ca o funcţie de patru variabile nu este posibilă în practică. De aceea este necesar să se introducă unele aproximări, cu scopul de a reduce numărul parametrilor independenţi. În iluminatul rutier, asemenea aproximări decurg în mod natural din datele problemei. Porţiunea de interes a căii rutiere se situează pe o plajă cuprinsă între 60 m şi 160 m de la poziţia observatorului, iar ochiul conducătorului auto se află la o înălţime de 1,5 m, ceea ce determină un unghi α de observare de aproximativ 1°. În acest fel, α se consideră constant, iar numărul unghiurilor variabile se reduce la trei.

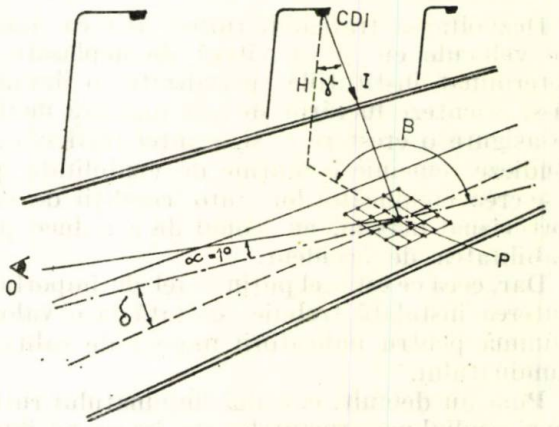


Fig. 2. Determinarea luminanţei într-un punct, cu contribuţia unui singur corp de iluminat.

În mod normal distanţa de observaţie este mai mare decît lăţimea drumului şi astfel direcţia de observaţie este practic paralelă cu axul căii rutiere. Din acest motiv şi întrucît o textură (dipunere a agregatelor care compun îmbrăcămintea rutieră) cu caracter pronunţat anizotrop se întîlneşte destul de rar, nu este necesar ca geometria instalaţiei de iluminat şi aceea a observaţiei să fie corelate cu o direcţie de referinţă a drumului. Se presupune astfel că suprafaţa rutieră are simetrie de rotaţie în jurul unei axe verticale, numărul unghiurilr variabile reducîndu-se în consecinţă la două.

Proprietăţile de reflexie ale suprafeţei rutiere se exprimă, aşa cum rezultă de mai sus, în funcţie de deplasarea unghiulară a luminii incidente în raport cu verticala şi în funcţie de deflecţia azimutală a luminii spre observator, datorită procesului de reflexie. În acest caz, luminanţa în punctul P, determinată de un singur corp de iluminat, se exprimă simplificat :

$$L = q\ (\beta, \gamma) \cdot E \qquad (6)$$

În cazul mai multor corpuri de iluminat, luminanţa îmbrăcăminţii rutiere într-un punct P este :

$$L_P = \sum_N q_K \cdot E_K, \qquad (7)$$

în care

N este numărul de corpuri de iluminat care emit spre punctul P;

q_K — factorul de reflexie a îmbrăcămințiii pentru punctul P, iluminat de corpul de ordinul K, în raport cu observatorul O;

E_K — iluminarea dată în P de corpul de iluminat de ordinul K, calculată după formula (8).

$$E_K = \frac{I_K \cos^3 \gamma_K}{H^2} \qquad (8)$$

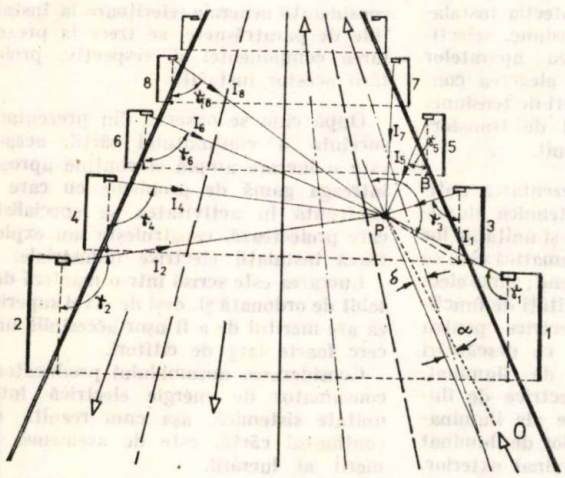


Fig. 3. Determinarea luminanței unei îmbrăcăminți rutiere cu contribuția mai multor corpuri de iluminat.

Luminanța se exprimă prin relația:

$$L_P = \frac{1}{H^2} \sum I_K \cdot q_K \cdot \cos^3 \gamma_K \qquad (9)$$

În vederea simplificării calculelor, factorul de luminanță q nu se măsoară și nu se tabelează. În locul lui q se introduce factorul redus de luminanță r, care conține cele două legi ale luminării: proporționalitate cu inversul pătratului distanței și cu cosinusul incidentei:

$$r_K = q_K \cdot \cos^3 \gamma_K \qquad (10)$$

Expresia luminanței devine în acest caz:

$$L_P = \frac{1}{H^2} \sum r_K \cdot I_K \qquad (11)$$

Pentru a se evalua condițiile de vizibilitate într-o instalație de iluminat rutier, se calculează mai întîi luminanțele punctuale*) într-o rețea prestabilită, situată în mod obișnuit între două corpuri de iluminat consecutive.

*) Luminanța punctuală corespunde unui unghi solid de observație foarte mic, de circa 1 minut.

Ca date de intrare a calculului se iau următoarele:

— geometria instalației;

— indicatricea de reflexie a suprafeței rutiere $r = r(\beta, \gamma)$, exprimată în mod curent sub formă de tabele cu dublă intrare pentru valori normalizate ale lui β și $\operatorname{tg} \gamma$;

— distribuția intensității luminoase a corpului de iluminat, exprimată în candele pe 1000 lumeni (cd/klm), pentru valori prestabilite ale cuplului de unghiuri $C - \gamma$, C fiind unghiul între planul paralel cu axul căii rutiere care trece prin centrul sursei de lumină și planul care conține vectorul intensității luminoase;

— coordonatele poziției observatorului.

Caracteristicile de calitate ale distribuției luminanțelor se definesc în funcție de distribuția valorilor punctuale. În conformitate cu publicațiile Comisiei Internaționale de Iluminat — CIE — principalele caracteristici, care constituie de altfel și parametrii de ieșire, sînt:

— luminanța medie $\bar{L}$, care se determină ca valoare medie a luminanțelor punctuale în rețeaua de calcul. Luminanța medie corespunde mediei în timp a luminanțelor din perspectivă, în timpul parcurgerii unei căi rutiere (luminanță medie dinamică);

— luminanța maximă, L_{max};

— luminanța minimă, L_{min};

— uniformitatea generală, U_0 — raportul între luminanța minimă și luminanța medie din rețeaua considerată: $U_0 = L_{min}/\bar{L}$;

— uniformitatea longitudinală U_l, considerată ca raportul $U_l = L_{min}/L_{max}$ pe axul fiecărei benzi de circulație, presupunînd că punctul de observație este situat pe același ax.

Valorile acestor parametri de calitate se normează în funcție de importanța căii rutiere și de intensitatea traficului, ținînd seamă de considerente de ordin economic și energetic. Calculul poate porni de la valorile acestor parametri impuși, de la caracteristica de reflexie a îmbrăcămințiii rutiere și caracteristicile echipamentului de iluminat, determinîndu-se geometria instalației. Există și alte posibilități de abordare a problemei, dar, oricare ar fi calea, calculele fiind deosebit de complexe, o soluție se poate obține numai făcînd apel la sistemele de prelucrare automată a datelor.

Bibliografie

[1] Sørensen, K. și Nielsen, B. *Îmbrăcămințile rutiere în calculul iluminatului.* Raportul nr. 9 al Laboratorului Danez de Tehnica Iluminatului, 1976.

[2] Frederiksen, E și Sørensen, K. *Reflection classification of dry and wet road surfaces.* În: Lighting Research and Technology, 8, nr. 4, 1976.

[3] Remande, C. *Les luminances et revêtements de chaussées en éclairage routier.* În: Lux, nr. 74, oct, 1973.

(Articol intrat în redacție la 26 mai 1979)

Recenzii

D. COMȘA și colectiv. **Proiectarea instalațiilor electrice industriale.** Editura didactică și pedagogică, București, 1979, 496 p.

În cadrul ultimelor apariții de manuale universitare în domeniul electroenergetic din țara noastră, cartea cu titlul de mai sus, elaborată de un colectiv de cadre didactice de la Institutul politehnic Cluj-Napoca, în frunte cu prof. dr. ing. D. Comșa, constituie o lucrare unică și, după cum se va vedea, de o deosebită valoare, atît din punct de vedere didactic, cît și din punctul de vedere al practicii tehnico-inginerești.

Cartea este structurată pe zece capitole, care se succed într-o ordine ce concordă în mare parte cu fluxul tehnologic de proiectare a instalațiilor electrice industriale, iar din punct de vedere al conținutului, acoperă aproape în întregime aria aspectelor teoretice și tehnice specifice fiecărui domeniu abordat de fiecare capitol în parte.

Astfel, în *capitolul 1* al cărții, care se ocupă de problema instalațiilor electrice la consumatori, după ce se prezintă definițiile și clasificările privitoare la tematica întregii lucrări, se dezvoltă următoarele aspecte principale : compunerea instalațiilor electrice la consumatori, condițiile de calitate în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, sarcini electrice de calcul, curbe de sarcină.

Capitolul 2, referindu-se la documentația tehnico-economică a instalațiilor electrice, dezvoltă, potrivit prevederilor Decretului 420/1976, fazele de proiectare : nota de comandă (nota de fundamentare tehnico-economică, studiul de dezvoltare în perspectivă, studiul de amplasament), proiectul de execuție.

În cadrul aceluiași capitol se mai prezintă conținutul părții economice a proiectelor și conținutul părții desenate.

Capitolul 3 se ocupă de instalațiile electrice de înaltă tensiune prin intermediul cărora instalațiile electrice consumatoare sînt alimentate din sistemul electroenergetic.

În capitolul 3 se tratează probleme referitoare la : instalația de racordare la sistemul electroenergetic, stații de transformare, instalația de distribuție, posturi de transformare, amplasarea geografică optimă a stațiilor și posturilor de transformare, conducte și echipamente de înaltă tensiune, calculul electric al instalațiilor de înaltă tensiune, calculul curenților de scurtcircuit, alegerea și verificarea echipamentului electric de înaltă tensiune, protecția instalațiilor de înaltă tensiune, compensarea curenților capacitivi și tratarea neutrului.

Capitolul 4 se referă la proiectarea instalațiilor electrice de joasă tensiune și include următoarea tematică : schemele rețelelor de distribuție, schemele rețelelor de alimentare, asigurarea rezervei în alimentarea receptoarelor, conducte și echipament electric pentru instalațiile electrice de joasă tensiune, instalații electrice de curent continuu, instalații electrice de medie frecvență, curentul cerut, curentul de vîrf, protecția instalațiilor electrice de joasă tensiune, selectivitatea protecției, alegerea aparatelor de protecție și comutație, alegerea conductoarelor electrice, pierderi de tensiune, tabloul general din postul de transformare, curenți de scurtcircuit.

În *capitolul 5*, după prezentarea noțiunilor fundamentale din tehnica iluminatului (mărimi fotometrice și unitățile lor de măsură), se dezvoltă o tematică care se referă la următoarele probleme : surse electrice de lumină, particularități de funcționare și echipamente electrice pentru instalațiile utilizînd lămpi cu descărcări și fluorescente, corpuri de iluminat, clasificarea instalațiilor electrice de iluminat, condițiile de calitate ale iluminatului, proiectarea instalațiilor de iluminat exterior, instalațiile de iluminat exterior.

Capitolul 6 a fost rezervat instalațiilor pentru compensarea puterii reactive și tratează următoarele probleme : cauzele și efectele consumului de putere reactivă, mijloace pentru compensarea consumului de putere reactivă, alegerea surselor specializate de putere reactivă (condensatoare-șunt și compensatoare sincrone), compensarea variațiilor rapide ale consumului de putere reactivă, eficiența economică a compensării puterii reactive.

Capitolul 7 se referă la instalațiile pentru reducerea regimului deformant și cuprinde următoarele subcapitole : cauzele și efectele regimului deformant, condensatoarele în regim deformant, efectele regimului deformant în instalațiile electrice, mijloace pentru reducerea regimului deformant, filtre absorbante.

În cadrul *capitolului 8* sînt prezentate circuitele secundare din cadrul instalațiilor electrice industriale, care cuprind ansamblul circuitelor de comandă, măsură, semnalizare, blocaj, protecție, automatizare și telemecanizare.

Expunerea materialului acestui capitol se face în următoarea ordine : măsurători electrice în instalațiile de distribuție, circuite de comandă și control, dispozitive pentru protecția selectivă rapidă a instalațiilor de medie tensiune, instalații pentru telecomunicații uzinale.

Capitolul 9 prezintă problemele proiectării instalațiilor de protecție împotriva electrocutării : valori-limită admise ale mărimilor în instalațiile de protecție împotriva electrocutării, determinarea curentului electric care trece prin corpul omului, protecția împotriva electrocutării.

În sfîrșit, *capitolul 10* se ocupă de proiectarea instalațiilor de paratrăsnete ca mijloace principale de protecție a construcțiilor împotriva descărcărilor electrice atmosferice. După ce se ac cîteva considerații generale referitoare la instalațiile de paratrăsnete, se trece la prezentarea componenței și, respectiv, proiectării acestor instalații.

După cum se observă din prezentarea succintă a conținutului cărții, aceasta este o lucrare amplă și conține aproape întreaga gamă de probleme cu care se confruntă în activitatea sa specialistul care proiectează, construiește sau exploatează instalații electrice industriale.

Lucrarea este scrisă într-o manieră deosebit de ordonată și, deși de nivel superior, ea are meritul de a fi ușor accesibilă unui cerc foarte larg de cititori.

Considerarea ansamblului producător—consumator de energie electrică într-o unitate sistemică, așa cum rezultă din conținutul cărții, este de asemenea un merit al lucrării.

Desigur lucrarea are foarte multe merite didactice și tehnico-științifice, dar ceea ce ni se pare deosebit de util și valoros, cu privire la fondul acestei cărți, este aspectul său practic legat de proiectarea, în țară și peste hotare, în domeniul instalațiilor electrice industriale.

Este suficient, credem, să precizăm în acest sens faptul că 33 din cele 73 de referințe bibliografice, pe care se sprijină conținutul cărții, sînt formate din îndrumare, norme și normative, instrucțiuni, regulamente, metodologii și prescripții STAS după care se proiectează în mod curent, în domeniul abordat de lucrare, în țara noastră. Dintre acestea, ponderea cea mai mare o ocupă reglementările privind proiectarea în domeniul electroenergetic ale Ministerului Energiei Electrice.

Așadar, cartea prof. dr. ing. D. Comșa și colectiv se înscrie în mod fericit în acțiunea continuă de aprofundare a procesului integrării învățămîntului cu cercetarea și producția din țara noastră.

Utilizînd acest manual, studentul — viitor inginer sau subinginer — înarmat cu cunoștințe fundamentale din cadrul altor cursuri, are posibilitatea de a se familiariza încă de pe băncile facultății cu problematica practică a proiectării instalațiilor electrice industriale pînă la, inclusiv, nivelul de execuție al acesteia. Acesta este un cîștig incontestabil al practicii tehnico-inginerești de proiectare, construcții-montaj și exploatare a instalațiilor electrice industriale în care urmează a se integra noile serii de absolvenți din învățămîntul superior de specialitate.

Referindu-ne în continuare la conținutul cărții, este de remarcat faptul că aceasta este utilă nu numai studenților de la facultățile electrotehnică, energetică, mecanică și instalații în construcții, dar și inginerilor, subinginerilor și celorlalte categorii de specialiști a căror activitate se desfășoară în domeniul proiectării, execuției sau exploatării instalațiilor electrice industriale.

Avînd în vedere problematica ce preocupă actualmente practica proiectării instalațiilor electrice industriale, atît în țara noastră cît și peste hotare, precum și tendințele ce se manifestă în acest domeniu, considerăm că această carte este susceptibilă de unele îmbunătățiri, în sensul completării ei la o eventuală nouă ediție. Astfel, în domeniul tratării neutrului instalațiilor electrice de medie tensiune, este necesară aprofundarea subiectului legat de tratarea prin impedanță mică (rezistor).

În domeniul automatizărilor, este cunoscută tendința de promovare a calculatoarelor de proces, aspect neabordat în lucrare.

Potrivit legislației actuale din țara noastră cu privire la preocupările legate de economisirea combustibililor și energiei, bilanțurile energetice trebuie întocmite încă în faza de concepere și proiectare a instalațiilor electrice de consum industrial. În acest sens lucrarea ar putea aborda și acest subiect, deosebit de actual și important.

Cartea se ocupă într-o mai mică măsură de aspectul proiectării corelative dintre instalațiile electrice și cerințele tehnologice ale mașinilor și utilajelor acționate electric. Și în acest sens s-ar putea introduce unele completări utile.

Practica proiectării instalațiilor electrice industriale face uz din ce în ce mai mult de calculatorul electronic numeric. În acest sens, în lucrare ar trebui integrate, într-o mai mare măsură, și problemele de utilizare a programelor de prelucrare automată a datelor (programe existente în activitatea de proiectare electroenergetică din R.S.R.).

În sfîrșit, cartea nu conține nici un exemplu de calcul numeric aplicativ față de elementele cu caracter de îndrumare și prescripționare a proiectării instalațiilor electrice industriale dezvoltate în conținutul ei. Ar fi utilă, astfel, fie completarea lucrării cu exemple concrete de proiectare luate din activitatea ce se desfășoară în țara noastră sau peste hotare, fie dublarea cărții cu o culegere de probleme adecvate, care să oglindească tematica conținutului ei.

După opinia noastră, cu completările propuse, cartea, foarte valoroasă a prof. dr. ing. D. Comșa și colectiv ar putea constitui, o bună perioadă de timp, un manual și un îndrumar de proiectare de bază în domeniul instalațiilor electrice industriale.

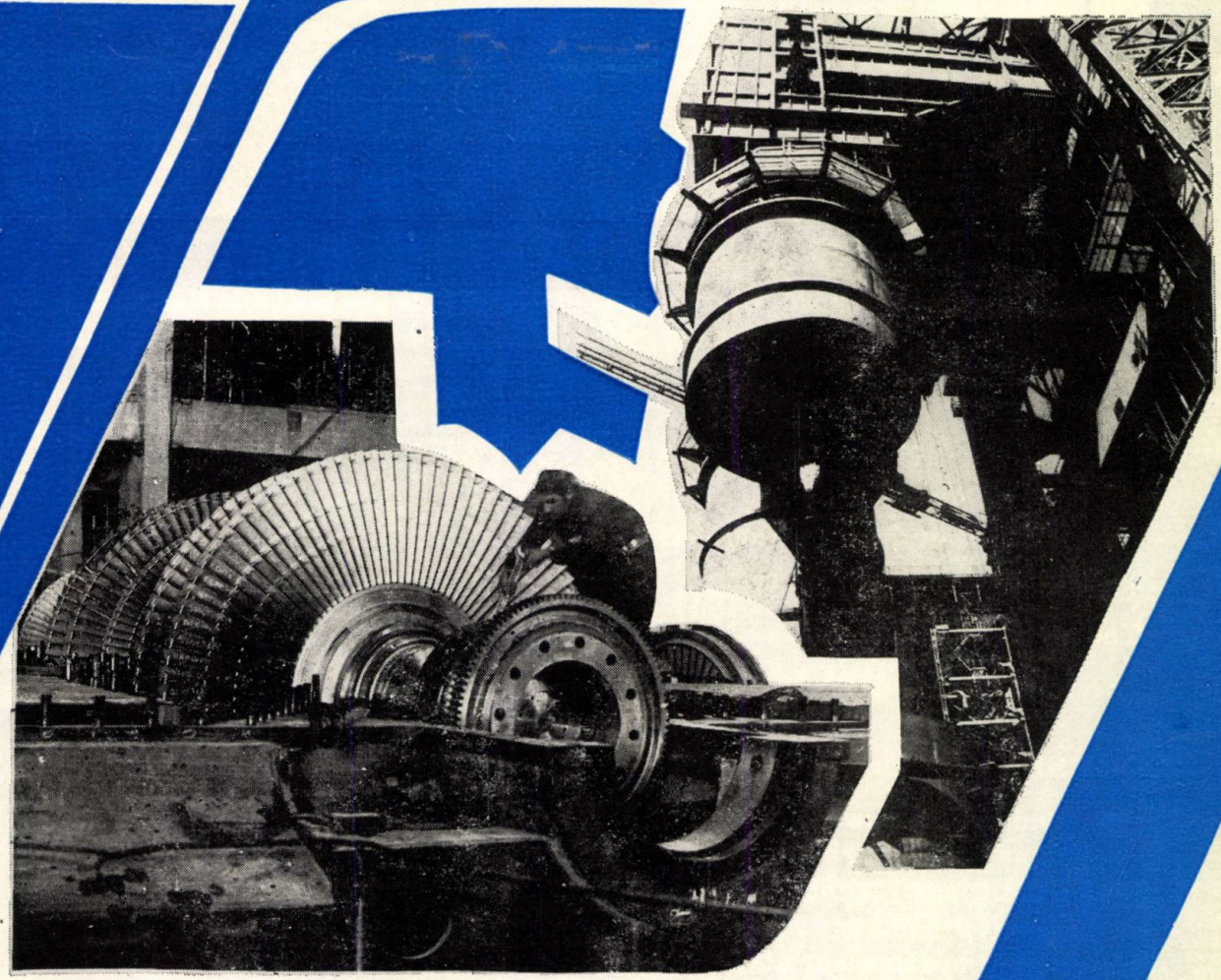
Ing. **Romulus Sfichi**

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România. Redacţia: Bucureşti, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 3. Telefon: 20 67 30. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Preţul unui exemplar: 5 lei. Taxele poştale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10 264/1979

I. P. I. c. 1582

41 401

TRUSTUL ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

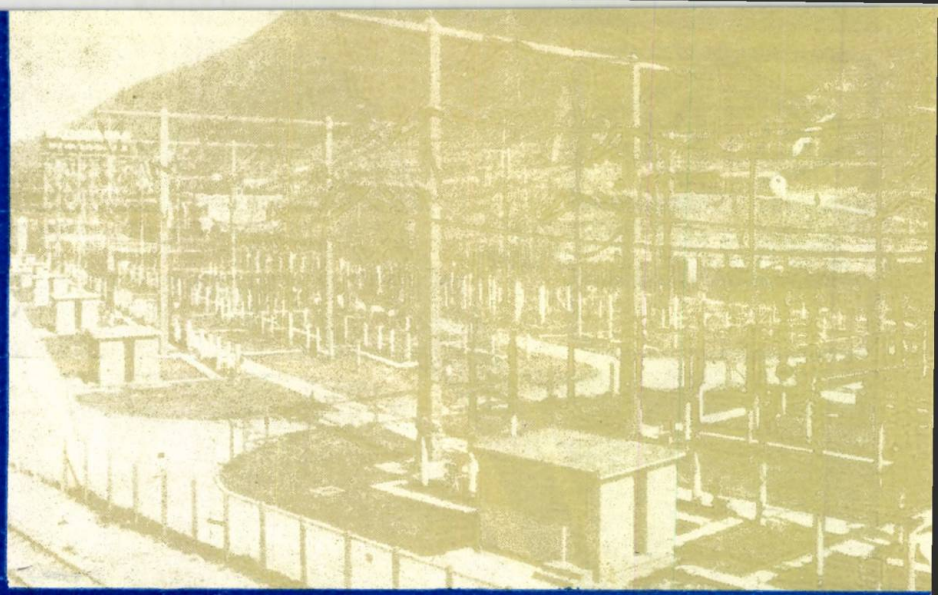
Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Bucureşti, Calea Dorobanţi nr. 105, telefon 79 70. 20, telex 335

ROMENERGO

RE

ROMANIA



ROMENERGO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning; the services are performed by the specialized units :

ISPE - The Power Study and Design Institute:

ISPH - The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH - The Hydropower Construction Trust;

TEC - The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM - The Energomontaj Trust ;

TEM - The Electromontaj Trust

CIPEET - The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;

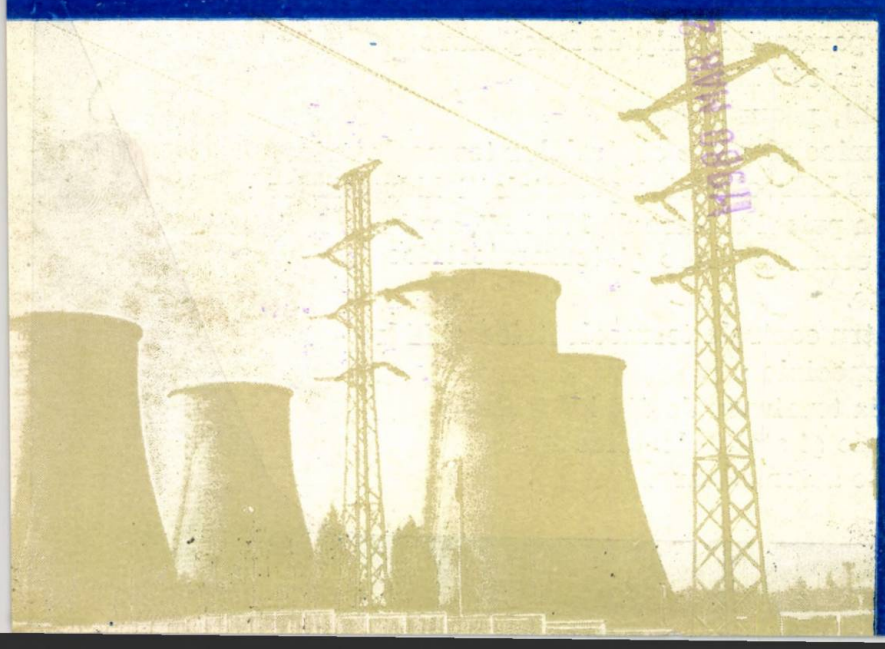
CIRE - The Industrial Central for Electric Networks ;

ICEMENERG - The Power Research and Modernization Institute;

ICMP - The Enterprise for Metallic Construction and Prefabs.

ROMENERGO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad for thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions, etc., export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.



1, Lacul Tei Blvd.; sector II
BUCHAREST - ROMANIA
Telephone: 12. 13. 26 -
12. 05. 51
Telex: 11525 romeng-r
P. O. B. :/-736

E 2039

BIBLIOTECA CENTRALA

MW

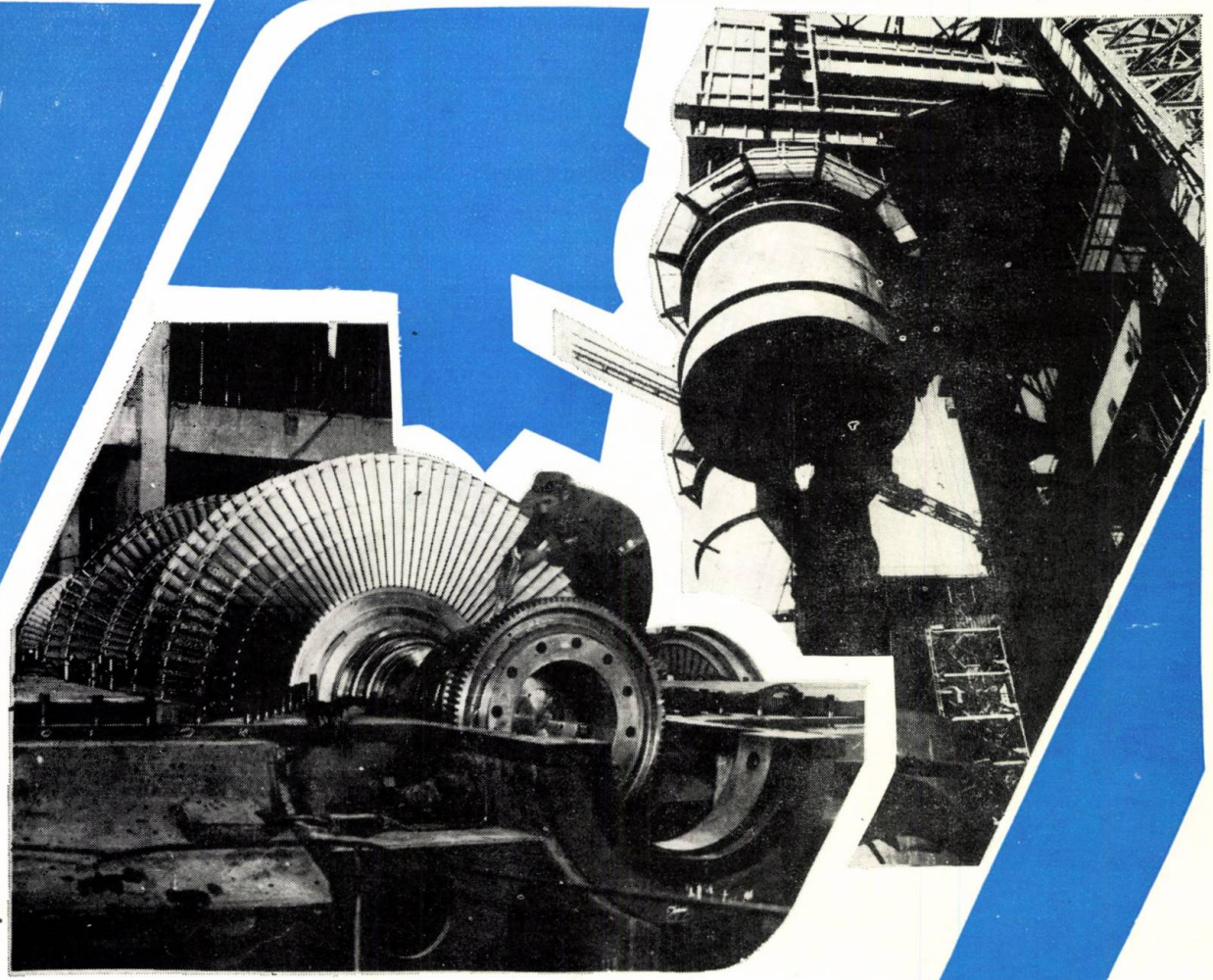
10

energetica

VOLUMUL XXVII
BUCUREŞTI
OCTOMBRIE 1979

0 6 12 18 2

TRUSTUL ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Bucureşti, Calea Dorobanţi nr. 105, telefon 79 70. 20, telex 335

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 10 octombrie

Cuprinsul

		Pag.
C. Ştefănescu Niculescu Mizil şi P. Popa	**Consideraţii generale privind proiectarea centralelor nucleare electrice**	469—475
I. Hubert şi A. Leca	**Consideraţii tehnico-economice la alegerea schimbătoarelor de căldură din producţia curentă**	475—479
G. Chercea	**Calculul căderii de presiune într-un aparat de schimb de căldură tubular cu plăci deflectoare circulare şi inelare**	479—482
L. Stanisavlievici	**Alcalinizarea fazei lichide la temperaturile apei din cazan**	482—487
D. Păunescu	**Asupra insularizării centralelor electrice de termoficare pe consum local**	487—490
R. Sfichi	**Aspecte privind problema factorului de putere în reţelele electrice ce funcţionează în regim deformant, cu referire la zona industrială a Municipiului Suceava**	491—497
L. Hajos	**Reanclanşarea automată a liniilor racordate la staţii cu scheme poligonale**	497—500
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific al
Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.25 :621.039.001

Никулеску Мизил Штефэнеску К. и *Попа П.:* **Общие соображения относительно проектирования атомных электростанций**

Вкратце представляется ряд соображений относительно эволюции актуальной стадии и перспективы развития методов проектирования атомных электростанций. Подчеркиваются как принципы вероятностного подхода к событиям, которые могут воздействовать на атомные электростанции, по всей продолжительности их существования, так и относительно природы и характеристик общих нагрузок, произведенных этими событиями. Также, указывается главная роль программ по обеспечению качества во всех фазах — проектировании, конструкции, монтаже и тестировании структур, систем и их составляющих.

Energetica 27 (1979), № 10, стр. 469—475

ДК 621.3.046.2

Хуберт И. и *Лека А.:* **Технико-экономические соображения относительно выбора теплообменников в текущем производстве**

В статье рассматривается оптимальный выбор проектирования станций, дополнительного термомеханического оборудования в диапазоне типоразмеров находящихся в текущем производстве. При типизации, выбор с излишим запасом в рамках существующего диапазона, поэтому ставится вопрос выбора теплообменников с пощадью отвечающей типоразмерам находящихся в производстве, для перепада существующего давления достигаемого через насосы серийного производства. Представлен технико-экономический расчет выбора этих агрегатов, имея в дальнейшем в виду сокращение или удаление этого экономического недостатка в типизации.

Energetica 27 (1979), № 10, стр. 475—479

ДК 621,3.046.2.001.2

Керчеа Г.: **Расчёт перепада давления в трубчатом теплообменном аппарате с круговыми и кольцевыми дефлекторными плитами**

Energetica 27 (1979), № 10, стр. 479—482

ДК 621.311.8

Станисавлиевич Л.: **Алкализация жидкой фазы при температуре воды котла**

Energetica 27 (1979) № 10 стр. 482—487

ДК 621.311.22/23

Пэунеску Д.: **Относительно перехода ТЭЦ на местное потребление**

Предлагается новое решение относительно перехода индустриальных комплексов, т. е. вместо одной зоны должны существовать большее количество зон, каждая из них должна принадлежать группе эклектростанций комплекса.

Energetica 27 (1979), № 10, стр. 487—490

ДК 621.316.1 :621.3.016.25

Сфики Р.: **Некоторые аспекты вопроса коэфициента мощности в электрических сетях, работающих в деформированном режиме в индустриальной зоне города Сучава**

Energetica 27 (1979), № 10, стр. 491—497

ДК 621.316.26

Хайош Л.: **Автоматическое повторное включение линий, подсоединенных к подстанциям многогранными схемами**

Energetica 27 (1979), № 10, стр. 497—500

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.25 :621.039.001

Niculescu Mizil Ştefănescu, C. und *Popa, P.:* **Allgemeine Betrachtungen über die Projektierung der Kernkraftwerke**

Es werden kurze Überlegungen über die Evolution, dem gegenwärtigen Stand und den Entwicklungsaussichten der Projektierungsmethoden von Kernkraftwerken dargelegt. Zugleich wird auf den probabilistischen Prinzipien der Beschreibung solcher Ereignisse welche einen Einfluss auf den Kernkraftwerken während ihrer ganzen Lebensdauer haben können eingegangen, sowie auf der Art und Kennwerten der von solchen Ereignissen hervorgerufenen Beladung. Es wird zugleich die wichtige Rolle des Programms zur Aufrechterhaltung der Qualität während sämtlichen Phasen — Entwurf, Bau, Montage und Prüfung der Strukturen, Systemen und Komponenten hervorgehoben.

Energetica 27 (1979), H. 10, S. 469—475

DK 621.3.046.2

Hubert, I. und *Leca, A.:* **Technisch-wirtschaftliche Standpunkte bei der Auswahl der Wärmetauscher aus der laufenden Herstellung**

Der Beitrag behandelt die optimale Auswahl, in der Projektierung der Kraftwerke, der zusätzlichen thermomechanischen Ausrüstungen aus der laufenden Herstellung (übliche Typen und Abmessungen). Da die Vereinheitlichung zu dem Nachteil einer Deckwahl aus der vorhandenen Produktreihe führt, tretet die Frage der Auswahl der Wärmetauscher mit einer Oberfläche entsprechend der laufend gebauten Abmessungen auf, für einen Verlust des verfügbaren Druckes, welcher über die Pumpen aus der Serienproduktion zustandekommt. Es wird die technisch-wirtschaftliche Berechnung für die Auswahl dieser Apparate vorgeführt, welche zur Folge die Reduzierung oder Beseitigung dieses wirtschaftlichen Nachteiles der Vereinheitlichung der Ausrüstungen hat.

Energetica 27 (1979), H. 10, S. 475—479

DK 621.3.046.2.001.2

Chercea, G.: **Die Berechnung des Druckfalles in einem Rohrwärmeaustauscher mit Ring-und Ablenkplatten**

Energetica 27 (1979), H. 10, S. 479—482

DK 621.311.18

Stanisavlievici, L.: **Alkanisierung der Flüssigkeitsphase bei den Kesselwassertemperaturen**

Energetica 27 (1979), H. 10, S. 482—487

DK 621.311.22/23

Păunescu, D.: **Die Aufteilung (Inseln) der elektrischen Kraftwerke auf Grund des örtlichen Verbrauches**

Es wird eine neue Lösung zur Aufteilung in Inseln der Industriezonen vorgeschlagen, sodass anstatt einer einzigen Insel, mehrere Inseln für jeden Block vorgesehen werden sollen.

Energetica 27 (1979), H. 10, S. 487—490

DK 621.316.1 :6213..016.25

Sfichi, R.: **Gesichtspunkte betreffend die Frage des Leistungsfaktors in den elektrischen Netzen welche in Verformungszustand arbeiten, mit Bezug auf die Industriezone Suceava**

Energetica 27 (1979). H. 10, S, 491—497

DK 621.316.26

Hajos, L.: **Automatische Schnellwiedereinschaltung der an Anlagen mit vieleckigen Schemen verbundene Leitungen**

Energetica 27 (1979), H. 10, S. 497—500

SOMMAIRE

CD 621.311.25 :621.039.001

Niculescu Mizil Ştefănescu, C. et *Popa, P.* : **Considérations générales sur la conception des centrales nucléaires électriques**

Sont présentées succinctement des considérations sur l'évolution, le stade actuel et les perspectives de développement des méthodes de conception des centrales nucléaires électriques. On insiste, d'une part, sur les principes d'abord probabiliste des événements susceptibles d'affecter les centrales nucléaires pendant leur durée de vie et, d'autre part, sur la nature et les caractéristiques des changements engendrés par ces événements. On spécifie également le rôle majeur des programmes pour l'assurance de la qualité dans toutes les phases : de projets, construction, montage et d'essai des structures, systèmes et composants.

Energetica 27 (1979), no. 10, p. 469—475

CD 621.3.046.2

Hubert, I. et *Leca, A.* : **Considérations techniques-économiques concernant le choix des échangeurs de chaleur de la production courante**

L'article traite du choix optimal, dans l'établissement des projets des centrales, de l'outillage thermomécanique annexe des gammes des typodimensions en fabrication courante. A cause du fait que la typisation présente le désavantage d'un choix couvrant la gamme existante, le problème se pose de choisir les échangeurs de chaleur ayant une surface correspondant aux dimensions typiques récemment construits, pour une perte de pression disponible réalisée par des pompes de la production en série. On présente le calcul technique-économique pour le choix de ces appareils, qui a pour conséquence la réduction ou l'élimination de cet inconvénient économique de la typisation des outillages.

Energetica 27 (1979), no. 10, p. 475—479

CD 621.3.046.2.001.2

Chercea, G. : **Le calcul de la chute de pression dans un appareil d'échange de chaleur tubulaire à plaques déflectrices circulaires et annulaires**

Energetica 27 (1979), no. 10 p. 479—482

CD 621.311.18

Stanisavlievici, L. : **Alcalisation de la phase liquide aux températures de l'eau de la chaudière**

Energetica 27 (1979), no. 10, p. 482—487

CD 621.311.22/23

Păunescu, D. : **L'insularisation des centrales électriques chaleur/force sur la consommation locale**

On propose une nouvelle solution d'insularisation des plates-formes industrielles : au lieu d'un seul îlot, on emploie plusieurs pour chaque tranche de la centrale électrique de la plate-forme.

Energetica 27 (1979), no. 10, p. 487—490

CD 621.316.1 :621.3.016.25

Sfichi, R. : **Aspects concernant le problème du facteur de puissance dans les réseaux électriques fonctionnant en régime déformant, dans la zone industrielle de Suceava**

Energetica 27 (1979), no. 10, p. 491—497

CD 621.316.26

Hajos, L.: **Le réenclenchement automatique des lignes connectées aux postes avec schémas polygonaux**

Energetica 27 (1979), no. 10, p. 497—500

CONTENTS

DC 621.311.25 :621.039.001

Niculescu Mizil Ştefănescu, C. and *Popa, P.* : **General considerations about nuclear power plant design**

A series of considerations about the evolution, the present stage and the development prospectives of the design methods of nuclear plants are shortly presented. The probabilistic approach principles of the events which could aflict upon nuclear power plants during their entire existence, as well as upon the nature and characteristics generated by these events are insisted upon. The major role of the quality ensuring programs during all phases — design, construction, assembling and testing structures, systems and components is specified as well.

Energetica 27 (1979), nr. 10, p. 469—475

DC 621.3.046.2

Hubert, I. and *Leca, A.* : **Technical and economic considerations at the choice of heat exchangers from the current production**

The paper deals with the optimal choice, at the power plant design, of the annex thermal and mechanic facilities from the range of the type dimensions under current production. Typization, leading to the disadvantage of a covering choice from the existing range, the problem arises to chose heat exchangers with a surface corresponding to the currently built type dimensions, for an available pressure loss achieved with the series manufactured pumps. The technical and economic calculation for the choice of these apparata is shown, resulting in the reduction of excluding of this economic disadvantage of facilities typization.

Energetica 27 (1979), nr. 10, p. 475—479

DC 621.3.046.2.001.2

Chercea, G. : **The calculation of the power loss in a tube heat exchange device with circular and ringular deflector plates**

Energetica 27 (1979), nr. 10, p. 479—482

DC 621.311.18

Stanisavlievici, L. : **The alcalinization of the liquid phase of the boiler water temperature**

Energetica 27 (1979), nr. 10, p. 482—48 7

DC 621.311.22/23

Păunescu, D. : **Upon the insularization of combined power/heat stations on local consumption**

A new solution for the insularization of industrial areas is proposed, such that instead of a single island, several islands should exist corresponding to every unit of the platform's power plant.

Energetica 27 (1979), nr. 10, p. 487—490

DC 621.316 :1.621.3.016.25

Sfichi, R. : **Aspects of the power factor problem in distorting regime electrical networks, referring to the industrial area of Suceava**

Energetica 27 (1979), nr. 10, p. 491—497

DC 621.316.26

Hajos, L. : **Automatical switching of the lines connected to polygonal schemes substations**

Energetica 27 (1979), nr. 10, p. 497—500

ZIUA ENERGETICIANULUI

La 21 octombrie 1979 Ziua Energeticianului își sărbătorește cea de-a șaptea aniversare, de la data instituirii ei, prin decret prezidențial, în octombrie 1973.

Anul acesta Ziua Energeticianului capătă o semnificație deosebită, nu numai prin amploarea și interesul pe care le îmbracă în prezent problemele energetice în lume, dar și prin apropierea acestei aniversări de marele eveniment pe care îl trăiește țara noastră — Congresul al XII-lea al partidului. Ziua Energeticianului anului 1979 este indisolubil legată de acest eveniment, date fiind ponderea și importanța pe care problema energiei le va avea în dezbaterile congresului.

Din 1973, de la instituirea sa, Ziua Energeticianului a trăit realizările pe care energeticienii noștri le-au înfăptuit an de an, dar și frămîntările, căutările, generate de criza energiei pe plan mondial, cu implicațiile ei inerente și asupra economiei noastre naționale.

Este cunoscut însă că, înainte de a fi fost simțite efectele crizei energetice pe plan mondial, în sectorul nostru energetic, în industria noastră se manifestau deja preocupări pentru o gospodărire rațională a combustibililor și energiei. Au fost, în acest sens, inițiate acțiuni și măsuri, din inițiativa conducerii de partid și de stat, la îndemnul tovarășului Nicolae Ceaușescu, care, în 1973, sublinia că „se impune în mod imperios necesitatea unei reorientări ferme în domeniul consumului de energie și combustibili, a stabilirii unei politici riguroase de economisire a tuturor formelor de energie, mai ales a țițeiului și gazelor, de folosire maximă a altor resurse energetice de care dispune țara noastră, precum și a adoptării unor noi soluții și tehnologii de producere a energiei".

În cursul ultimilor șase ani, pe măsură ce criza energetică mondială a luat forme noi, și activitatea energeticienilor noștri a devenit mai dinamică, mai puternic acceentuată de spirit de creativitate și responsabilitate în lupta de depășire a efectelor crizei.

Astăzi, în preajma congresului partidului, energeticienii români se găsesc înarmați cu o mobilizatoare strategie energetică, elaborată la un înalt nivel științific, strategie care și-a găsit expresia în documentele programatice ale Congresului al XII-lea. Dintre acestea, documentul de căpătîi al energeticienilor români este, desigur, Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000, care concretizează liniile directoare ale politicii energetice a partidului nostru, elaborate sub conducerea nemijlocită și cu aportul determinant al tovarășului Nicolae Ceaușescu, secretarul general al partidului, președintele Republicii Socialiste România. Abordarea globală, în cadrul acestui program, a problemelor energetice, într-o concepție sistemică, face ca el să se adreseze energeticienilor din toate laturile activității energetice, din toate ramurile industriale, în scopul asigurării realizării obiectivelor construirii societății noastre multilateral dezvoltate.

Premisa fundamentală, și totodată obiectivul major al programului-directivă, este necesitatea ca în viitorul deceniu România să devină independentă din punct de vedere al combustibilului și energiei. Aceasta înseamnă realizarea, în totalitate, a prevederilor programului, adică :

— O producție de energie electrică prevăzută pentru anul 1985 în valoare de 88—90 miliarde kWh și de 105—110 miliarde kWh în 1990, care să fie asigurată de o putere instalată ce va spori la circa 22 000 MW în 1985 și la peste 28 000 MW în 1990.

— Extinderea construcției de hidrocentrale și a utilizării combustibililor solizi, trecerea la realizarea programului de centrale nuclearoelectrice și folosirea formelor noi de energie (solară, geotermică, eoliană, a valurilor, a biogazului), restrîngîndu-se consumul de hidrocarburi.

În acest sens, programul prevede ca pînă în anul 2000 să fie valorificat întreg potențialul hidroenergetic al țării, cu precădere în amenajări cu folosințe complexe. În ce privește centralele termoelectrice, ele vor funcționa pe lignit și șisturi bituminoase, iar cele care în prezent utilizează hidrocarburi vor fi trecute pe combustibil solid.

— Puterea electrică instalată realizată în cadrul programului nuclear va fi de 660 MWe în 1985, de 3960 MWe în 1990 și de circa 10 000 MWe în anul 2000.

Astfel, structura balanței energetice va reflecta schimbări semnificative în viitoarele decenii, cărbunii și șisturile combustibile deținînd o pondere de 55% în

1985, energia solară împreună cu alte surse noi şi resurse recuperate vor reprezenta 5% în 1985 şi 10% în 1990, în timp ce hidrocarburilor le va reveni numai 5—4% în 1990 din totalul producţiei de energie electrică.

— Totodată se prevede extinderea continuă a producerii combinate de energie electrică şi căldură prin dezvoltarea termoficării industriale şi urbane, estimîndu-se obţinerea, pe această cale, de economii de combustibil de peste 3 mil. t c.c. anual încă de la sfîrşitul cincinalului 1981—1985. În acelaşi timp se vor efectua cercetări pentru realizarea termoficării şi prin centralele nuclearoelectrice.

— Programul-directivă prevede îmbunătăţirea continuă a structurii sistemului energetic naţional, avînd în vedere totodată şi crearea condiţiilor pentru funcţionarea sistemului electroenergetic pe zone autonome.

Siguranţa în funcţionare a sistemului electroenergetic rămîne în continuare preocuparea permanentă a sectorului energetic, dezvoltîndu-se cercetările legate de această cerinţă, precum şi de siguranţa în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice.

— O preocupare primordială a ramurii energiei este obţinerea unor consumuri specifice cît mai reduse în procesul de producere a energiei electrice şi a căldurii, precum şi în transportul şi distribuţia lor.

— Programul-directivă subliniază că în deceniile următoare consumul total de energie nu va putea creşte decît în măsura identificării de noi surse de energie şi a aplicării măsurilor tehnologice necesare pentru valorificarea lor economică. În această direcţie, obiectivul fundamental trasat de program este atingerea şi depăşirea în cel mai scurt timp a celor mai bune realizări pe plan mondial în ce priveşte consumul energetic pe unitatea de venit naţional.

Indicele mediu de consum energetic, la 1000 lei producţie industrială, va trebui să fie diminuat pe întreg deceniul 1981—1990 cu minimum 40%, pînă în anul 2000 acest indice urmînd să înregistreze o reducere de cel puţin 2,6 ori faţă de anul 1980. Programul indică şi căile pe care va trebui să se acţioneze pentru atingerea acestui obiectiv: micşorarea consumurilor de energie utilă la consumatori, prin reanalizarea riguroasă a acestora şi alocarea de energie în cantităţile, forma şi calitatea strict necesare, modernizarea tehnologiilor şi raţionalizarea fluxurilor de producţie, restrîngerea utilizării de materii prime şi materiale energo-intensive, creşterea continuă a randamentelor de transformare a energiei de la forma primară la cea de utilizare, pentru obţinerea unui efect economic sporit cu un consum de energie primară cît mai redus, recuperarea integrală a resurselor energetice, termice şi combustibile rezultate din procesele tehnologice, substituirea unor resurse de calitate superioară ciu alte resurse, de calitate inferioară.

Pentru rezolvarea marii varietăţi de probleme ce le ridică strategia noastră energetică, probleme calitativ noi, este necesară o mare diversitate de specialişti, de înaltă competenţă, animaţi de spirit de răspundere şi multă dăruire.

Programul-directivă prilejuieşte manifestarea capacităţii creatoare a energeticienilor români, a puterii lor de muncă, fie ei specialişti din cercetare, proiectare, exploatare, fie constructori pe marile şantiere ale ţării.

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**

Consideraţii generale privind proiectarea centralelor nuclearoelectrice

Coman Niculescu-Mizil-Ştefănescu
şi Petre Popa*

Generalităţi

O centrală nuclearoelectrică este un ansamblu de instalaţii şi construcţii reunite în scopul producerii energiei electrice prin utilizarea energiei nucleare. Prin concepţie, ea se împarte în două părţi principale distincte, şi anume : partea nucleară şi partea clasică.

O bună parte din instalaţiile şi echipamentele centralelor electrice, care au fost deja verificate şi testate în exploatare, le regăsim şi în centralele nucleare, deoarece producerea energiei electrice se realizează după aceleaşi principii şi metode ca la centralele convenţionale. Deosebirile care apar se datoresc faptului că în centralele nucleare energia termică provine din fisiunea nucleelor de uraniu în reactorul nuclear, ceea ce implică o tehnică nouă de producere a aburului, conducînd la modificarea sau apariţia unor instalaţii adecvate noului procedeu, prin care se vehiculează agenţi termici cu niveluri ridicate de radioactivitate.

Pe baza acestui aspect, instalaţiile şi echipamentele unei centrale nucleare se clasifică aprioric în instalaţii şi echipamente radioactive sau neradioactive. Nivelurile de radioactivitate se datoresc surselor de radiaţii primare sau secundare ce provin din interiorul zonei active a reactorului sau din exteriorul acestuia [1].

În regim normal de exploatare, evacuările de activitate în mediu se realizează controlat. În caz de avarie, atunci cînd produsele de fisiune trec de barierele de reţinere, cel mai mare pericol îl prezintă produsele gazoase, întrucît se pot împrăştia rapid în mediu, împrăştiere care este funcţie de întregul complex al factorilor de mediu. Din acest punct de vedere, în majoritatea ţărilor cu experienţă în tehnica nucleară s-au elaborat norme de protecţie biologică contra radiaţiilor, pe baza recomandărilor Comisiei Internaţionale pentru Protecţia Radiologică (ICPR) şi a Agenţiei Internaţionale pentru Energie Atomică (AIEA), în care sînt specificate limitele de doze maxime permise pentru sănătatea oamenilor. În funcţie de aceste doze maxime permise, de regimul de lucru şi cunoscînd specificul surselor de radiaţii din sistemul centralei, se poate stabili tipul protecţiei biologice, care, conform soluţiilor general acceptate în construcţia centralelor nuclearoelectrice, constă din *protecţia biologică primară* pentru reactorul propriu-zis, în scopul atenuării fluxului de radiaţii, reducînd astfel gradul de activare a instalaţiilor înconjurătoare, *şi protecţia biologică secundară*, care cuprinde întreg ansamblul circuitului primar, în scopul protejării celorlalte compartimente de lucru ale centralei şi mediului înconjurător (fig. 1).

Amplasarea unei centrale nuclearoelectrice într-o zonă creează, inevitabil, un risc pentru populaţia din imediata apropiere, datorită cantităţii mari de radioactivitate conţinută în zona activă, care poate fi eliberată în urma unor accidente nucleare provocate de producerea unor evenimente naturale, evenimente induse de activităţile umane sau avarii tehnologice.

Analiza tuturor accidentelor potenţiale pune în evidenţă punctele critice din concepţia tehnică de proiectare, fabricaţie şi montaj a unei centrale nuclearoelectrice şi indică gradul de fiabilitate şi securitate. Aceste analize se pot realiza atît prin metode deterministe, cît şi prin metode probabilistice.

Nivelul de securitate al centralei este de dorit a fi maxim, însă, ţinînd seamă că creşterea nivelului de securitate implică creşterea investiţiilor şi cheltuielilor, se pune problema stabilirii unui nivel de securitate acceptat de individ şi societate, avînd în vedere şi dinamica riscului total al societăţii.

În concluzie, dacă nivelul de fiabilitate al unei centrale nuclearoelectrice este impus din considerente economice, nivelul de securitate este impus din considerente de risc pentru individ şi societate.

În acest context, pentru ridicarea nivelului de securitate şi fiabilitate a structurilor, sistemelor şi componentelor unei centrale nucleare, se va implementa la toate nivelurile şi în toate fazele de proiectare un program de asigurare a calităţii, care va asigura că toate activităţile inginereşti se vor executa în conformitate cu cerinţele şi bazele de proiectare, reglementate prin coduri, standarde şi specificaţii adecvate, precum şi prin forme organizatorice adecvate şi prin participarea tuturor factorilor implicaţi în activităţile care sînt legate de calitate.

2. Natura evenimentelor şi încărcărilor

În vederea realizării securităţii nucleare adecvate, se va asigura o analiză completă a tuturor evenimentelor care pot interveni asupra structurilor, sistemelor şi componentelor centralei, în scopul limitării consecinţelor unor avarii generate de aceste evenimente, prin luarea în considerare a unor măsuri preventive.

Inventarierea tuturor evenimentelor care pot afecta centrala pe toată durata existenţei sale se poate face atît prin metode deterministe, cît şi prin metode probabilistice, în cadrul teoriei stocastice a valorilor extreme. Totuşi, în cadrul acestor analize, anumite evenimente defavorabile pot scăpa, şi de aceea, în prezent, efortul specialiştilor din acest domeniu este îndreptat asupra

*) Ing. C. Niculescu-Mizil-Ştefănescu lucrează la Trustul de construcţii şi instalaţii centrale nuclearo-electrice Cernavoda; ing. Petre Popa lucrează la Institutul de reactori nucleari energetici Bucureşti.

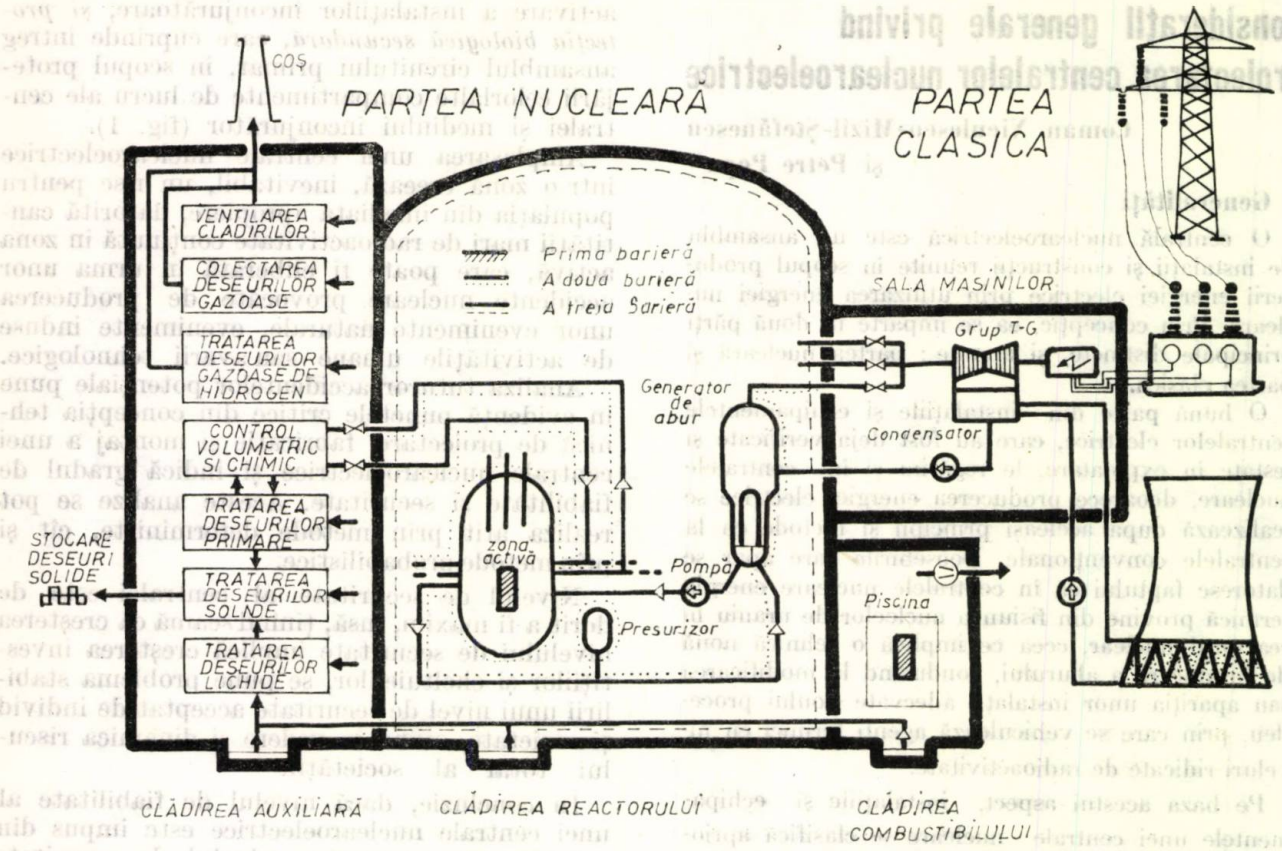


Fig. 1. CNE cu reactor cu apă sub presiune. Schematizarea principalelor bariere.

predicției acestor evenimente. De asemenea, o altă dificultate întîmpinată în cadrul acestor analize este aceea de a afecta fiecărui eveniment o probabilitate de apariție și obiectivă și realistă, care se poate realiza numai pe baza unor observații sistematice și în timp asupra evenimentului respectiv, precum și aprecierea dependenței evenimentelor și detectarea acelora periculoase care pot declanșa avarii multiple. Această evaluare probabilistică a evenimentelor permite să dozăm importanța fiecărui eveniment în parte și, în funcție de acest lucru, să putem lua măsuri sigure și eficace pentru a preîntîmpina consecințele asociate fiecărui eveniment.

Toate evenimentele posibile și credibile, care pot afecta centrala și care sînt luate în considerație la proiectarea structurilor, sistemelor și componentelor acesteia, se pot grupa în două categorii principale, și anume:

A. Evenimente de sursă comună, care includ:
— evenimente de origine naturală;
— evenimente provocate de activitățile umane.

B. Evenimente datorate unor avarii aleatorii de proces.

A. *Evenimente de sursă comună*

Încă de la alegerea amplasamentului, se va ține seama de toate sursele potențiale de evenimente specifice zonei, a căror rată de producere este suficient de ridicată, astfel încît, prin acțiunea lor, să declanșeze un regim tranzitoriu de accident al centralei sau să apară ca evenimente independente în timpul evoluției unui accident nuclear. Probabilitatea unui asemenea eveniment este foarte greu de evaluat cu o precizie suficientă, datorită complexității fenomenelor, ce sînt caracterizate printr-un număr mare de parametri [2].

1. Evenimentele de origine naturală se datoresc: fenomenelor atmosferice, fenomenelor hidrologice, fenomenelor seismologice.

De menționat că fenomenele seismice pot genera importante accidente nucleare, inclusiv acela de rupere a unei bucle de răcire a circuitului primar (LOCA). Din acest motiv, toate structurile, sistemele și componentele centralei se vor califica seismic, ceea ce duce implicit la ridicarea costului investiției.

2. Evenimentele provocate de activitățile umane se datoresc evenimentelor din zonele industriale învecinate și evenimentelor datorate căilor de comunicație.

Toate aceste evenimente prezintă caracteristici stocastice și pot fi studiate prin metode probabilistice, dacă avem la dispoziție suficiente înregistrări ale acestor caracteristici, ceea ce reprezintă un mod mult mai realist și rațional de tratare a problemelor în vederea realizării

securității nucleare a centralei. Atunci cînd nu dispunem de informații precise asupra unor evenimente, este mult mai convenabil să utilizăm metodele convenționale deterministe, care sînt mult mai simplificatoare.

Totuși, nu este posibil de a stabili o listă completă a tuturor surselor posibile care pot genera evenimente demne de luat în considerare la proiectarea centralei, întrucît amplasamentele nu sînt identice nici din punct de vedere natural, nici din punct de vedere al activităților umane, care pot varia de la regiune la regiune și de la țară la țară.

B. *Evenimente datorate unor avarii aleatorii de proces*

La proiectarea părții nucleare a centralei se vor inventaria și lua în considerare toate avariile de proces posibile, care pot iniția evenimente periculoase pentru securitatea nucleară. În evidență vor fi luate numai acele defecțiuni postulate în sistemul de proces, care nu depășesc limitele considerate în analizele de securitate și pentru care sistemele speciale de securitate vor continua să-și exercite funcțiile de intervenție și protecție. Avariile de proces ce trebuie luate în considerare sînt următoarele:

— ruperea conductelor circuitului primar;
— mașini în rotație și căderea greutăților;
— explozii ce pot iniția evenimente ca: incendii, presiuni și temperaturi ridicate, acțiuni chimice;
— funcționarea defectuoasă a părții electrice, care poate iniția evenimente ca: incendii, acțiuni chimice.

De menționat că toate aceste evenimente au caracter aleatoriu și se datoresc: erorilor de concepție, prin sisteme sau componente neadecvate misiunii lor, prin scheme de sisteme sau planuri de amplasare, prin sisteme dificil de exploatat și / sau de întreținut, prin sisteme neprotejate împotriva efectelor evenimentelor din exterior (de exemplu cutremur); erorilor de fabricație; erorilor de montaj; erorilor umane în exploatare.

Evaluarea probalistică a acestor evenimente se face pe baza unei analize schematice a accidentelor nucleare posibil a se produce. Această analiză comportă identificarea și întocmirea unei liste complete a tuturor accidentelor de întreținere, specifice fiecărui tip de reactor, pe baza cărora, plecînd de la fiecare accident de inițiere, se pot dezvolta una sau mai multe secvențe de accident. Dintre acestea se vor selecționa numai acele secvențe de accident care au o contribuție majoră la evaluarea securității nucleare a centralei. Studierea sistematică a tuturor secvențelor de accident, ce pot să urmeze unui accident de inițiere, se face cu ajutorul metodei arborelui de evenimente, care este o diagramă logică de definire a realităților dintre sisteme și care redă întregul scenariu de propagare a accidentelor nucleare, furnizînd totodată și un cadru meteorologic adecvat pentru evaluarea și / sau estimarea posibilității de apariție a secvențelor de accident (fig. 2) [10].

Pentru a putea defini încărcările de proiectare generate de evenimentele amintite mai sus,

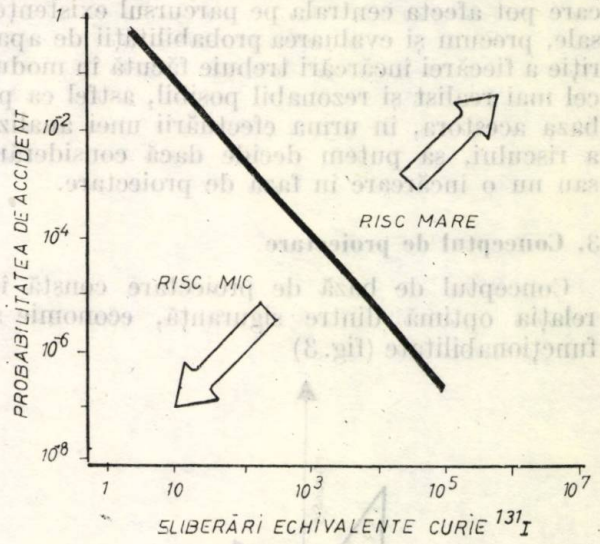


Fig. 2. Curba lui Farmer.

va trebui să se evalueze următorii factori: sursa, mărimea, natura și durata evenimentului; caracteristicile zonei unde se produce evenimentul; posibilitatea de propagare în alte zone sau de a iniția alte evenimente. Aceste încărcări pot acționa simultan asupra structurilor, sistemelor și componentelor centralei, și din acest motiv au fost grupate în combinații de încărcări posibile, mutual dependente.

Încărcările sau combinațiile de încărcare, precum și factorii de încărcare corespunzători fiecărei încărcări sau grupe de încărcări, luate în considerație în cadrul proiectării structurilor, sistemelor și componentelor, sînt specificate în diverse coduri, standarde și specificații.

Se observă că, în afară de încărcările statistice cu termen lung de acționare, structurile și echipamentele centralei sînt supuse și la încărcări dinamice de impact și impuls cu termen scurt de acționare, cum ar fi: impactul proiectilelor, undele de șoc, rafalele de vînt, cutremurele, jetul etc. Valoarea maximă a acestor încărcări și variația în timp depind, în principal, de masele presupuse și de modul în care energia este absorbită. Toate aceste încărcări dinamice pot fi primare sau secundare, atunci cînd iau naștere în urma unei acțiuni primare deja inițiate.

Pentru a determina modul în care o structură sau un echipament mecanic al părții nucleare răspunde la asemenea încărcări, va trebui să cunoaștem magnitudinea încărcării, numărul și frecvența ciclurilor de încărcare. În acest sens, o amplă analiză a încărcărilor dinamice a fost

realizată de către Strock și Vaggenreiter, în care autorii discută în detaliu domeniul încărcărilor posibile și dau exemple de valori maxime ale acestora, precum și de durata lor de acționare [11].

Inventarierea tuturor încărcărilor specifice unui tip de reactor și unui amplasament dat, care pot afecta centrala pe parcursul existenței sale, precum și evaluarea probabilității de apariție a fiecărei încărcări trebuie făcută în modul cel mai realist și rezonabil posibil, astfel ca pe baza acestora, în urma efectuării unei analize a riscului, să putem decide dacă considerăm sau nu o încărcare în faza de proiectare.

3. Conceptul de proiectare

Conceptul de bază de proiectare constă în relația optimă dintre siguranță, economie și funcționabilitate (fig. 3)

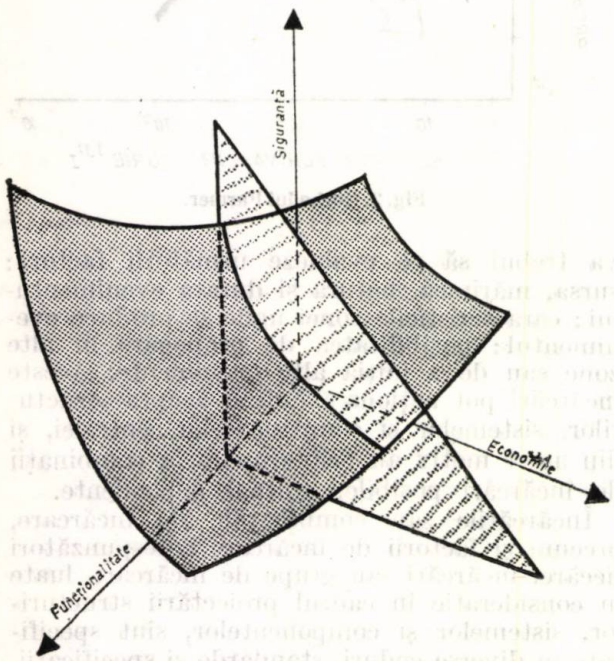


Fig. 3. Corelația între siguranță, economie și funcționabilitate.

Exigențele impuse de protecția umană și de mediul înconjurător fac necesar ca structurile, sistemele și componentele părții nucleare a centralei să fie dimensionate astfel încît probabilitatea de pierdere a capacității de realizare a funcțiilor lor specifice să fie virtual „nulă" pe toată durata existenței lor și în toate condițiile de funcționare. Siguranța structurilor, sistemelor și componentelor părții nucleare implică aprecierea riscului în termeni de probabilitate în cadrul teoriei stocastice a valorilor extreme și redă, prin analiza ei efectivă, în faza de proiectare, o imagine clară a măsurilor preventive ce trebuie luate, permițînd de asemenea evaluarea importanței ce trebuie dată acestor măsuri, cît și aprecierea eficacității lor.

În 1967, dr. Farmer de la United Kingdom Atomic Energy Authority, ținînd seamă de cerințele de securitate nucleară, a expus un principiu de proiectare simplu, care pornește de la faptul că, întrucît nu se poate garanta imposibilitatea absolută de apariție a unui accident nuclear, trebuie să se ia măsuri pentru ca probabilitatea sa de apariție să fie cu atît mai mică cu cît consecințele postulate vor fi mai mari (fig. 4). Totuși acest principiu prezintă diferite dificultăți, și anume: posibilitatea de a imagina înlănțuirea evenimentelor și consecințelor lor posibile; atașarea unei probabilități realiste fiecărui eveniment; aprecierea dependenței evenimentelor și, în particular, a detectării evenimentelor periculoase, care pot declanșa avarii multiple.

Plecînd de la acest principiu, proiectarea obiectivelor nucleare trebuie să reflecte: considerarea celor mai severe încărcări care au fost observate sau postulate în practică sau în calcul; combinații specifice ale efectelor condițiilor normale și de accident cu efectele încărcărilor extreme; realizarea funcțiilor de siguranță.

De la început, filozofia de proiectare s-a bazat pe evaluarea și inventarierea fiecărei încărcări în modul cel mai realist. Estimarea cantitativă a probabilității de apariție, atunci cînd

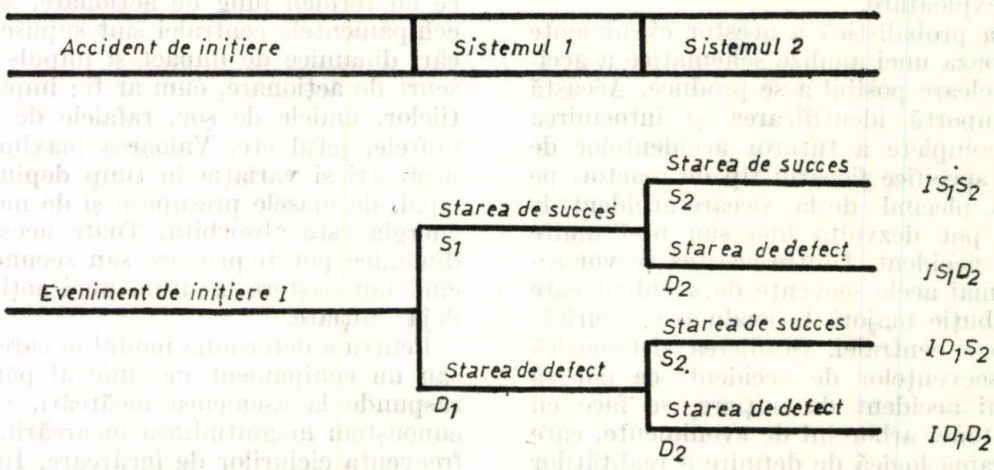


Fig. 4. Logica de ramificare a arborelui de evenimente.

nu este posibilă pe baze statistice, datorită incertitudinilor extrem de variate și insuficienței datelor, este suplimentată prin aplicarea raționamentelor inginerești conservative, care sînt foarte acoperitoare. În timpul vieții unei centrale nucleare pot apărea încărcări sau combinații de încărcări ale căror consecințe sînt practic fără nici o însemnătate pentru siguranța și securitatea nucleară. De aceea s-a propus o linie de demarcație între aceste încărcări și cele ce trebuie luate în considerație în proiectare, și anume: „limita probabilității maxime pentru pagube", cu ajutorul căreia se poate stabili dacă acordăm importanță sau nu unei anumite încărcări. Pe baza acestei limite, proiectantul poate lua decizii ca: să nu ia în considerare acțiunea anumitor încărcări postulate, dacă probabilitatea de apariție este mai mică decît limita mai sus menționată; să ia în considerare acțiunea unor încărcări pentru a reduce probabilitatea unei pagube neacceptate, pînă cînd probabilitatea unor astfel de pagube este mai mică decît limita probabilității maxime pentru pagube. Aceste decizii se vor lua în urma unor analize detaliate asupra riscului pentru fiecare caz în parte.

În general, metodele de proiectare a structurilor, sistemelor și componentelor sînt bazate pe teoria elasticității liniare. Pentru efectuarea analizelor dinamice și statice, în prezent se folosește metoda elementelor finite, care permite verificarea compatibilității proiectării bazate pe tehnici analitice conservative, precum și proiectarea elementelor dificile sau virtual imposibil de a fi calculate prin tehnici de calcul convenționale.

De multe ori se utilizează analizele dinamice simplificate, bazate pe folosirea factorilor de încărcare dinamici echivalenți.

Metodele de calcul sînt folosite în paralel cu judecățile inginerești, în scopul realizării unei proiectări economice și eficiente, atunci cînd nu dispunem de cunoștințe mai aprofundate. De aceea soluțiile tehnice adoptate în faza de proiectare trebuie optimizate pe baza unor analize detaliate atît din punct de vedere economic, cît și din punctul de vedere al securității nucleare.

Dezvoltarea ingineriei structurale și tehnologice în domeniul proiectării și construcției centralelor nucleare, bazată pe o bogată experiență, a permis în ultimul timp aplicarea unor metode de proiectare în domeniul elastoplastic și chiar plastic. În prezent se folosesc în mod curent metodele de proiectare la stările limită sau stadiul ultim, pe care le întîlnim în prezent în toate codurile și standardele din domeniul nuclear, cum ar fi: ACI, AISC, ASSHO, ASME etc. [12].

De asemenea, o mare importanță se acordă metodelor de proiectare antiseismică pentru centralele amplasate în zone cu seismicitate mare. Filozofia de proiectare se bazează pe extinderea a două niveluri ale cutremurului, care sînt definite ca cel mai mare cutremur ce poate apărea pe amplasamentul centralei și cutremurul așteptat a apărea pe același amplasament în mod curent. Metodele de determinare a răspunsului structurilor și sistemelor la solicitări seismice sînt impuse de metodele matematice corespunzătoare excitației seismice. Practicile curente la ora actuală folosesc metode ca: analiza modală, integrarea directă sau analiza probabilistică a răspunsului seismic al structurilor și componentelor.

Pe baza metodelor mai sus amintite, în faza de proiectare vor fi evaluate toate caracteristicile de siguranță și securitate, pentru toate cazurile ipotetice ale căror consecințe sînt importante. Astfel, în această fază se vor proiecta sisteme de protecție corespunzătoare fiecărui caz de eveniment în parte, cu scopul de a proteja și preveni posibilitatea de apariție a radiațiilor în urma unor accidente și posibilitatea lor de a se răspîndi în mediu datorită oricărui eveniment. Toate sistemele de securitate special proiectate trebuie să îndeplinească apriori condiția ca riscul pentru populație și personalul de exploatare al centralei să fie menținut la un nivel suficient de mic, constant. Scopul proiectării acestor sisteme de securitate și al implementării lor în centrală este obținut atunci cînd se asigură că:

— reactorul este capabil să fie sigur oprit și menținut în această stare pe un timp nelimitat;

— capabilitatea de funcționare a sistemului de transfer al căldurii reziduale este menținută;

— anvelopa și sistemele asociate sînt astfel proiectate încît radioactivitatea eliberată de exteriorul lor să fie menținută în limite permise de criteriile de amplasare.

Aceste măsuri preventive se materializează atît prin spații de separare între echipamente și sisteme, prin bariere netehnologice, cît și prin proiectarea de rezistență a structurilor la evenimentele specificate în cap. 2, luîndu-se în considerare și efectele potențiale.

4. Asigurarea calității

Avînd în vedere importanța obiectivelor nucleare, atît din punctul de vedere al securității nucleare, cît și din punctul de vedere al costului investiției, se impun anumite cerințe de calitate la toate nivelurile de proiectare a structurilor, componentelor și sistemelor centralei.

Pînă în prezent asigurarea calității la centralele clasice a fost bazată pe procedurile de asigurare a calității informale, acestea bazîndu-se pe integritatea și competența primei supravegheri. Asemenea proceduri sînt în contrast cu cerințele de calitate impuse de securitatea nucleară, exprimate prin procedurile de control și asigurare a calității dezvoltate de codurile: ASME Boiler and Pressure Code, Section III,

art. NCA—400 Quality Assurance, ANSI N 52 — Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Plants, 10 CFR 50 Appendix B — Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plant etc. Scopul acestor coduri este de a furniza cerinţele generale în vederea stabilirii şi întocmirii programelor de asigurare a calităţii pentru proiectarea structurilor, sistemelor şi componentelor centralei, pentru care satisfacerea cerinţelor de performanţă este cerută de: exploatarea sigură a centralei; necesitatea de a preveni accidentele care pot cauza un risc nedorit pentru sănătatea şi securitatea publicului; necesitatea de a atenua consecinţele unui asemenea accident dacă el totuşi apare.

Deci intenţia Programului de asigurare a calităţii este de a garanta calitatea activităţilor inginereşti, în toate fazele de proiectare, în conformitate completă cu cerinţele reglementate şi criteriile de proiectare [13], [14]. Acest program redă efortul care se face pentru a furniza servicii la cea mai înaltă calitate posibilă etapei de realizare şi include măsurile ce decurg din cerinţele de asigurare a calităţii stabilite prin acte normative de securitate nucleară. Trebuie avut în vedere că proiectarea CNE, cît şi a altor obiective nucleare, trebuie făcută în conformitate cu metodele tehnice recunoscute şi verificate cu cerinţele aplicabile ale organelor de reglementare nucleară, astfel încît să se asigure protejarea şi conservarea sănătăţii şi securităţii populaţiei. De asemenea acest program focalizează toate activităţile critice pentru securitatea şi integritatea structurilor, sistemelor şi componentelor nucleare, activităţi care sînt suplimentare şi separate de cele tehnice şi inginereşti normale.

Structurile, sistemele şi componentele sînt în primul rînd clasificate în funcţie de localizarea lor, de serviciile lor şi de raportul dintre ele, astfel ca funcţiile de securitate să fie îndeplinite. Pentru fiecare dintre aceste clase se vor identifica standarde şi coduri ce se vor aplica, după cum este necesar, pentru a asigura un produs de calitate şi pentru a menţine la acelaşi nivel funcţiile de securitate cerute. În cazul în care codurile şi standardele nu sînt utilizate sau trebuie modificate sau suplimentate, se va da o riguroasă explicare privind aplicabilitatea lor, conformitatea şi suficienţa lor.

În Programul de asigurare a calităţii sînt implicate atît funcţiile de execuţie (proiectanţi, executanţi), care asigură realizarea obiectivelor de calitate, cît şi funcţiile de asigurare a calităţii (verificatori, inspectori), care asigură că obiectivele de calitatea cerută au fost atinse. În acest sens programul va defini structura organizatorică ce va fi implicată şi implementată, precum şi responsabilitatea şi autoritatea diferitelor persoane şi organizaţii implicate.

Deci Programul de asigurare a calităţii se va impune în concordanţă cu strategia de conducere, ce invocă obligativitatea Manualului de asigurare a calităţii, a procedurilor de asigurare a calităţii şi a Instrucţiunilor de asigurare a calităţii.

Manualul de asigurare a calităţii constă în definirea filozofică de conducere privind calitatea şi obligă obţinerea acestei calităţi a obiectivelor, prin autoritatea specifică şi responsabilitatea organizaţiilor implicate. În plus, manualul conţine o bogată descriere a modului cum această filozofie este implementată.

Procedurile de asigurare a calităţii constau în definirea procedurilor specifice, care explică cum politica programului este implementată. Aceste proceduri sînt întocmite pentru a se adresa sistemelor de asigurare a calităţii şi corespund celor 18 criterii din ANSI N 45.2 — 1971 Apendix B.

Instrucţiunile de asigurare a calităţii conţin instrucţiuni detaliate asupra modului în care fiecare individ sau fiecare organizaţie va trata cerinţele de securitate, precum şi îndatoririle lor specifice.

În final, în conformitate cu Programul de asigurare a calităţii, se vor întocmi documente care vor demonstra că toate cerinţele acestui program au fost satisfăcute. Această documentaţie va arăta că codurile, standardele şi specificaţiile adecvate au fost respectate, materialele specificate în proiect au fost utilizate şi a fost prevăzut personalul calificat în conformitate cu specificul activităţii, demonstrînd că funcţionarea centralei se face în condiţii de securitate şi fiabilitate deplină.

Concluzii

Din consideraţiile de mai sus putem spune că conceptul de proiectare este o premisă în scopul şi intenţia practică a proiectării CNE în aşa fel încît limita scăpărilor de radioactivitate în mediu să nu fie depăşită.

În acest sens, în prezent, efortul specialiştilor din domeniu este îndreptat în direcţia efectuării unor analize sistematice şi foarte detaliate asupra tuturor evenimentelor, a înlănţuirii lor, precum şi imaginarea atît a avariilor potenţiale eventuale, cît şi a consecinţelor posibile, pentru a evita orice omisiune semnificativă. S-au organizat observaţii sistematice asupra tuturor evenimentelor pentru a obţine date pe baza cărora se vor putea calcula probabilităţi realiste pentru fiecare eveniment în parte. În plus, specialiştii examinează dacă pot obţine informaţii asupra evenimentelor care nu au fost observate niciodată, şi cu atît mai puţin în serie, cum ar fi, de exemplu, ruperea brutală a unei bucle de răcire a reactorului. De asemenea, se depun eforturi în vederea unei aprecieri juste a dependenţei evenimentelor, şi în particular la detectarea evenimentelor periculoase, care pot declanşa avarii multiple.

Abordarea probabilistică a tuturor acestor probleme, cît şi metodologia de calcul respectivă, cu toate că încă întîmpină anumite dificultăţi, constituie abordarea cea mai justă, şi de aceea s-au intensificat eforturile în această direcţie ale multor cercetători din lumea întreagă.

De asemenea, din experienţa acumulată pînă în prezent, prin exploatarea unui număr foarte mare de centrale nucleare, s-a trecut la analizarea unor metode de proiectare bazate pe folosirea rezervelor de rezistenţă a materialelor, adică la stări limită sau stadiul ultim, precum şi a metodelor de proiectare în domeniul elastoplastic sau chiar plastic. Rezultatele acestor analize vor conduce implicit la micşorarea costului investiţiei, îndeplinindu-se în acelaşi timp condiţia ca riscul pentru populaţie şi mediu să aibă un nivel acceptabil şi conştient. Tot în acest sens s-au intensificat eforturile în vederea găsirii unor noi soluţii tehnice, concepţii de sisteme sau a unor noi tehnologii şi materiale ce se adaptează mai bine.

În plus, aplicarea Programului de asigurare a calităţii, extinsă de la faza de proiect pînă la funcţionare, şi a programelor de inspecţii în timpul exploatării va conduce la atingerea unei fiabilităţi îmbunătăţite.

Construcţia primei centrale nucleare din ţara noastră, prin complexitatea problemelor ce le ridică, va contribui stimulativ la evoluţia ingineriei structurale şi tehnologice româneşti, datorită cerinţelor de calitate şi tehnică nouă impuse de instalaţiile nucleare energetice.

Bibliografie

[1] Vasilescu, N., Mingiuc, C., Wlezek, C. şi Moţoiu, C. *Centrale nuclearoelectrice de putere mare.* Editura tehnică, Bucureşti, 1974.

[2] Condes, P. *La méthode probabiliste et ses probabilités d'application à l'etude des sites nucléaires.* In: Revue générale nucléaire, nr. 5, oct.-nov. 1976.

[3] Guimbel, E. J. *Statistics of Extremes.* Columbia University Press, New York, 1967.

[4] Davenport, A. G. *The dependence of wind loads on meteorological parameters.* Proceedings of the International Research Seminar on „*Wind Effects on Buildings and Structures*", Ottawa 1967, vol. 1, p. 19–82. University of Toronto Press, 1968.

[5] * * * IAEA Division of Nuclear Safety and Environmental Protection. *Safety guide on man induced events related to nuclear power plant siting.* Iunie 1978.

[6] Le Quinio, R. *Effect of the industrial environmental on the siting of nuclear power plants.* Nuclex, Bassel, 1975.

[7] * * * USNRC 1975. *Evaluation of explosion postulated to occur on transportation routes near nuclear power plant site.*

[8] Gobert, T. *Synthèse des méthodes d'évaluation du risque aérien pour les centrales nucléaires.* Rapport EDF E–SE/SN 76, 15 iulie 1976.

[9] Chelapati, C. V., Kenedy, R. P. şi Wall, I.B. *Probabilistic assessment of aircraft hazard for nuclear power plant.* In: Nucl. Engn. and Design, vol. 19, 1972.

[10] * * * USNRC 1975. *Reactor Safety Study. An assessment of accident risks in V.S. Commercial Nuclear Power Plants.*

[11] Strock, W. şi Voggenreiter, W. *Examples of impact and impulsive loading in the field of civil engineering.* În: Materials and Structures, nr. 44, martie–aprilie 1975.

[12] * * * *Structural mechanics in reactor technology.* London, United Kingdom, 1–5 sept. 1975.

[13] * * * *Regulatory Guide* 1.30. *Quality assurance requirements for the installation, inspection and testing of instrumentation and electric equipment.*

[14] * * * *Regulatory Guide* 1.28. *Quality assurance program requirements.*

(Articol intrat în redacţie la 20 aprilie 1979)

Consideraţii tehnico-economice la alegerea schimbătoarelor de căldură din producţia curentă

Ing. **I. Hubert**
şi Dr. ing. **A. Leca***)

Consideraţii generale

Lucrarea tratează problema alegerii optime a utilajului termomecanic anex (schimbătorul de căldură sau ansamblul schimbător-pompă), aflat în producţie de serie sau pentru care există o gamă de tipodimensiuni. Acest calcul de alegere se deosebeşte de calculul de dimensionare optimă la proiectarea unui schimbător pentru date concrete de funcţionare, datorită faptului că viteza optimă trebuie să ţină seama de suprafaţă şi de pierderea de presiune disponibilă corespunzătoare schimbătoarelor, respectiv pompelor aflate în producţia de serie.

La uzinele producătoare de utilaj termomecanic anex s-a introdus tipizarea produselor, pentru a reduce ciclul de fabricaţie datorită unui flux continuu de aprovizionare şi de fabricaţie. Ea oferă beneficiarului avantajul de a alege un utilaj al cărui proiect există.

Tipizarea are însă dezavantajul de a nu oferi totdeauna soluţia cea mai avantajoasă de echipare, avînd în vedere că utilajul care se prevede este ales, de obicei, acoperitor dintr-o gamă existentă. Schimbătorul care se alege are, în general, o suprafaţă mai mare decît cea necesară rezultată din calcul. Folosirea incompletă a suprafeţei disponibile duce la un coeficient global de schimb de căldură mai mic decît cel necesar.

Pentru a oferi posibilităţi de alegere, gama schimbătoarelor de căldură tipizate ale uzinei

*) Ing. Ionel Hubert este cercetător ştiinţific principal, iar dr. ing. Aureliu Leca conferenţiar, ambii la Catedra de centrale electrice, Facultatea de energetică, Institutul politehnic Bucureşti.

Vulcan a fost astfel concepută încît să permită multiple variante de echipare pentru același rol funcțional. Astfel, suprafețele de schimb de căldură se regăsesc la diferite diametre nominale ale mantalei, pentru două sau patru treceri pe partea de apă. Fiecărei posibilități de echipare îi corespunde o altă viteză a fluidului în țevi. Ca exemplu, se prezintă în tabelul 1 gama

Tabelul 1

Gama suprafețelor schimbătoarelor de căldură abur-apă

Dn	Suprafața de transfer, m²			Număr de treceri pe partea de apă
	tip A	tip B	tip C	
350	6	10	16	2 sau 4
400	10	16	25	2 sau 4
500	16	25	40	2 sau 4
600	25	40	65	2 sau 4
700	40	65	100	2 sau 4

de suprafețe a schimbătoarelor de căldură abur-apă de medie și joasă presiune orizontale (proiect D.1.33) și verticale (proiect D.1.34).

Corespunzător tabelului 1, în figura 1 se prezintă variația vitezei apei în țevi în funcție de debitul de apă.

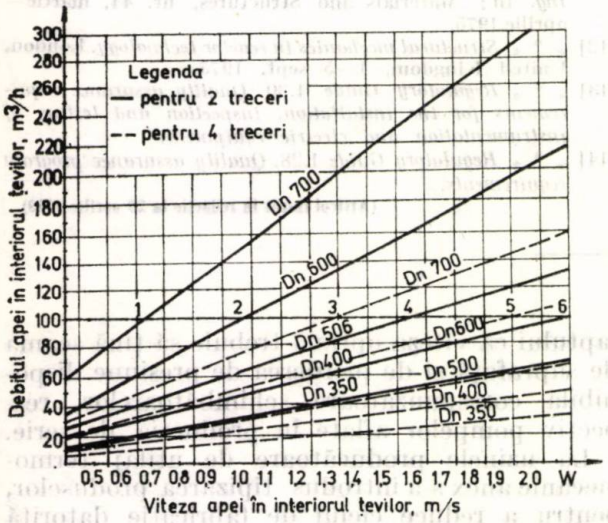


Fig. 1. Variația vitezei apei în țevi la schimbătoarele de căldură abur-apă (D.1.33 și D. 1.34).

Asemănător schimbătoarelor de căldură, pompele de vehiculare a agentului termic sînt fabricație de serie. De obicei, ele se folosesc la regimuri de funcționare care diferă de cele de calcul, corespunzînd unei caracteristici externe care include și o laminare la armătura de închidere de pe refularea pompei. La alegerea schimbătorului de căldură este important să se cunoască disponibilul de presiune ΔH corespunzător aparatului, care rezultă din scăderea tuturor celorlalte pierderi de presiune (inclusiv înălțimea geodezică) din înălțimea H_p de refulare a pompei la debitul respectiv, adică :

$$\Delta H = H_p - \sum_{i=1}^{2} \Delta h_i = \Delta h_s + \Delta h_l \text{ [mca]}, \quad (1)$$

unde

Δh_s este pierderea de înălțime a schimbătorului considerat, în mca ;

Δh_l — pierderea de înălțime prin laminare, în mca.

Este important să se aleagă viteza fluidului prin aparatul de schimb de căldură astfel încît pierderea de înălțime a acestuia să fie aproximativ egală cu ΔH, deci $\Delta h_l = 0$.

Problema care se pune este de a alege schimbătorul de căldură cu suprafața corespunzătoare tipodimensiunilor construite curent, pentru o pierdere de presiune disponibilă, datorată utilizării unor pompe din producția de serie.

La alegerea optimă nu se poate proceda ca în cazul proiectării optime a utilajului, cînd se stabilește o viteză optimă a agentului termic. Problema alegerii optime se va rezolva luînd în considerare toate situațiile posibile de echipare, varianta optimă stabilindu-se pe baza unui calcul tehnico-economic de comparație.

Metoda de calcul

Pentru determinarea variantei optime se propune un calcul tehnico-economic bazat pe criteriul cheltuielilor anuale de calcul minime :

$$Z = C + pI = \text{minim [lei/an]}, \quad (2)$$

unde

C sînt cheltuielile anuale, în lei/an ;

p — termenul normat de recuperare, în an^{-1} ;

I — prețul schimbătorului sau al ansamblului schimbător-pompă, cînd pompa diferă în diferitele variante, în lei.

Se poate considera că termenul C este reprezentat de cheltuielile pentru puterea de pompare necesară trecerii prin aparat a unuia (schimbătoare abur-apă) sau a ambelor fluide (schimbătoare apă-apă).

Expresia cheltuielilor anuale este :

$$C = c_{sp}\, d \sum_{i=1}^{2} \Delta P_i = \frac{c_{sp}\, d}{3{,}67 \cdot 10^5} \left[\frac{D_1 \Delta H_1 \rho_1}{\eta_1} + \frac{D_2 \Delta H_2 \rho_2}{\eta_2} \right] \text{ [lei/an]}, \quad (3)$$

în care

c_{sp} este costul energiei electrice, în lei/kWh ;

d — durata de utilizare a sarcinii termice nominale a aparatului, în h/an ;

D_1, D_2 — debitul fluidului prin ţevi, respectiv prin manta, în m^3/h;

ΔH_1, ΔH_2 — pierderea de înălţime dată de relaţia (1), în mca;

ρ_1, ρ_2 — densitatea fluidului, în kg/m^3;

η_1, η_2 — randamentul pompei;

ΔP_i — puterea consumată la pomparea agentului din ţevi, respectiv din manta, corespunzătoare înălţimii de refulare ΔH, în k [7].

Expresia investiţiilor este următoarea:

$$I = I_s + \sum_{i=1}^{2} \Delta I_{pi} = I_s + \Delta I_{pT} + \Delta I_{pM} \text{ [lei]}, \quad (4)$$

unde

I_s este preţul schimbătorului de căldură, în lei;

ΔI_{pT}, ΔI_{pM} — surplusul de investiţie la pompele de vehiculare a lichidului din ţevi, respectiv din manta, în lei.

La un schimbător de căldură cu agent termic bifazic, $\Delta I_{pM} = 0$. Dacă nu se poate folosi preţul schimbătorului de căldură sau al pompei, se pot aplica investiţii specifice pentru determinarea acestora. Expresia (4) se poate scrie:

$$I = i'_s S^n + \sum_{i=1}^{2} \Delta(P^n i'_p)_i = i''_s G_s + \sum_{i=1}^{2} \Delta(G_p i''_p)_i \text{ [lei]}, \quad (5)$$

unde S^n este suprafaţa schimbătorului tipizat corespunzătoare suprafeţei de calcul, în m^2;

P^n — puterea pompei tipizate corespunzătoare înălţimii de refulare H_p din catalogul de pompe, în kW;

i'_s, i'_p — investiţii specifice corespunzătoare lui S^n, respectiv P^n, în lei/m^2, respectiv lei/kW;

G_s, G_p — greutăţile corespunzătoare lui S^n, respectiv P^n, în kg;

i''_s, i''_p — investiţii specifice corespunzătoare lui G_s, respectiv G_p, în lei/kg.

În cazul schimbătoarelor de căldură s-a constatat că numai i''_s [lei/kg] se poate folosi operativ. Acest indice se poate aplica totdeauna avînd în vedere că schimbătoarele folosite sînt constructiv cunoscute (inclusiv greutatea).

La schimbătoarele apă-apă (proiect Vulcan D.1.31), s-a constatat că i''_s este în funcţie numai de Dn, nu şi de tipul aparatului (tabelul 2). În cazul schimbătoarelor abur-apă (proiect Vulcan D.1.33 şi D.1.34), i''_s este în funcţie de Dn şi de tip, putîndu-se neglija influenţa numărului de treceri şi a poziţiei aparatului (tabelul 3).

Tabelul 2

Investiţia specifică i''_s [lei/kg] pentru schimbătoarele apă-apă (proiect Vulcan D.1.31)

Dn	150	200	250	300	350
i''_s	40,5	31,9	29,3	25,6	20,9

Tabelul 3

Investiţia specifică i''_s [lei/kg] pentru schimbătoarele abur-apă (proiect Vulcan D.1.34)

Tip \ Dn	350	400	500	600	700
A	32,8	31,9	30,1	29,3	25,5
B	30,6	28,4	29,4	28,1	24,7
C	26,7	26,6	31,6	25,7	23,7

Analizînd investiţia specifică i'_s [lei/m^2], se observă că aceasta variază mult (900—8000 lei/m^2), în funcţie de lungimea (tipul), numărul de treceri şi poziţia aparatului, astfel încît o utilizare a acesteia nu este operativă.

În ceea ce priveşte investiţia în pompe, dintr-o analiză a preţurilor reaşezate pentru electropompele monoetajate din fontă (de tipul Lotru, Cerna, Criş) a rezultat că se poate folosi cu o aproximaţie foarte bună o investiţie specifică i'_p [lei/kW], conform tabelului 4.

În articolul de faţă se propune folosirea investiţiilor specifice, cu ajutorul cărora se determină cu foarte mici abateri valoarea investiţiilor. Se apreciază că aceste abateri nu pot modifica rezultatele calculului tehnico-economic, erorile influenţînd numai rezultatul la variante aproape identice, la care calculul tehnico-economic nu este util.

Tabelul 4

Investiţia specifică i'_p [lei/kW] pentru electropompe

P^n [kW]	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	10	13	17	18 5	22	30	37	45	55
i'_p	1900	1420	1330	1125	800	680	650	620	550	535	510	410	390	370	350

Se propune ca expresia (2) să fie scrisă sub forma :

$$Z = c_{sp}\, d \sum_{i=1}^{2} \Delta P_i + p[i''_s\, G_s + \sum_{i=1}^{2} \Delta(P^n\, i'_p)] \text{ [lei/an]} \quad (6)$$

Avînd în vedere că, de obicei, pompa este aceeași și numai valoarea laminării pe armătura de pe refulare este diferită : $\Delta(P^n\, i'_p) = 0$, expresia (6) devine :

$$Z = c_{sp}\, d \sum_{i=1}^{2} \Delta P_i + p\, i''_s\, G_s \text{ [lei/an]} \quad (7)$$

Pentru a exprima $G_s = f(S)$ se poate considera un coeficient c_s [kg/m²], care reprezintă greutatea schimbătorului tipizat raportată la suprafața de calcul.

Cu aceasta, relația (7) se poate scrie :

$$Z = \frac{c_{sp}\, d}{102}\left[\frac{D_1\, \Delta H_1\, \rho_1}{\eta_1} + \frac{D_2\, \Delta H_2\, \rho_2}{\eta_2}\right] + p\, c_s\, i''_s \frac{D_1 \Delta t_1\, \rho_1\, c_{p1}}{k\, \Delta t_m} \text{ [lei/an]}, \quad (8)$$

unde c_{p1} [J/kg.°C] este căldura specifică a agentului în țevi, iar k [W/m².°C] este coeficientul global de schimb de căldură recalculat pentru suprafața instalată (care se poate stabili cu nomogramele de calcul termic din broșura de prezentare a schimbătoarelor Vulcan).

Tabelul 5

Exemplu de calcul

Denumirea	Preîncălzitor propus	Viteza apei în țevi	Coeficientul global de schimb de căldură	Suprafața necesară	Suprafața aleasă	Greutate schimbător	Investiția specifică a schimbătorului	Prețul schimbătorului
Notația, unitatea de măsură	Dn/tip/număr treceri	w [m/s]	$k\left[\frac{W}{m^2 \cdot °C}\right]$	S [m²]	S [m²]/tip	G_s [kg]	$i''_s\left[\frac{lei}{kg}\right]$	I_s [lei]
Observații / Varianta	Proiect Vulcan D.1.33–74	fig. 1	nomogramă calcul termic D.1.33, pag.9	$S = \frac{Q}{k\Delta t_m}$	coresp. coloană 2	proiect D.1.33	tabelul 3	$i''_s G_s$
I	700/A/2	0,68	2086	33,2	40/A	2390	25,5	60945
II	600/A sau B/2	1,25	2495	27,8	40/B	2130	28,1	59853
III	700/A/4	1,35	2539	27,3	40/A	2340	25,5	59670
IV	500/B sau C/2	1 62	2755	25,0	25/B	1450	29,4	42630
V	600/A sau B/4	1,98	2785	24,8	25/A	1670	29,3	48930
VI	400/C/2	2,17	2890	23,9	25/C	1280	26,6	34048

Tabelul 5 (continuare)

Denumirea	Pierderea de presiune în schimbător	Înălțimea de refulare, din care ΔH	Putere motor	Investiția specifică a pompei	Investiția de pompă	Total investiții	Puterea consumată	Cheltuieli anuale	Cheltuieli anuale de calcul
Notația, unitatea de măsură	Δh_s [mca]	$H_p/\Delta H$ [mca]	P^n [kW]	i'_p [lei kW]	$I_p/\Delta I_p$ [lei]	I [lei]	P [kW]	C [lei/an]	Z [lei/an]
Observații / Varianta	Nomogramă de calcul hidraulic D.1.33,pag. 10	$H_p = \Sigma\Delta h + \Delta H$ catalog pompe	Catalog pompe	Tabelul 4	$\frac{i'_p P^n}{\Delta i'_p P^n}$	$I_s + \Delta I_p$	$\frac{D\Delta H\varrho}{3{,}67 \cdot 10^5\, \eta}$ ($\eta = 0{,}7$)	$C_{sp} dP$ C_{sp}=0,30lei/kWh d = 5000 h/an	$C + pI$ $p = 0{,}1$ an^{-1}
I	0,25	40/4,0	18,5	535	9897/0	60945	1,56	2340	8434
II	1,00	40/4,0	18,5	535	9897/0	59853	1,56	2340	8325
III	1,75	40/4,0	18,5	535	9897/0	59670	1,56	2340	8307
IV	2,00	40/4,0	18,5	535	9897/0	42630	1,56	2340	6603
V	3,50	40/4,0	18,5	535	9897/0	48930	1,56	2340	7233
VI	6,00	42/6,0	22	510	11220/1323	35371	2,34	3510	7047

În cazul unui schimbător de căldură apă-apă, considerînd că $c_{sp} = 0{,}30$ lei/kWh și $p = 0{,}1$ an^{-1}, se poate scrie:

$$Z = d\left[\frac{D_1 \Delta H_1}{\eta_1} + \frac{D_2 \Delta H_2}{\eta_2}\right] + 1{,}419 \cdot 10^6 c_s i_s''' \frac{D_1 \Delta t_1}{k \Delta t_m} \text{ [lei/an]}, \quad (9)$$

iar pentru un schimbător cu un agent termic bifazic (abur-apă):

$$Z = \frac{D_1 \Delta H_1}{\eta_1} d + 1{,}419 \cdot 10^6 c_s i_s''' \frac{D_1 \Delta t_1}{k \Delta t_m} \text{ [lei/an]} \quad (10)$$

Exemplu de calcul

Se va alege un preîncălzitor cu abur (6 ata, 200°C), pentru preîncălzirea a 100 t/h apă demineralizată de adaos de la 45°C la 95°C. Se va alege electropompa corespunzătoare schemei din figura 2.

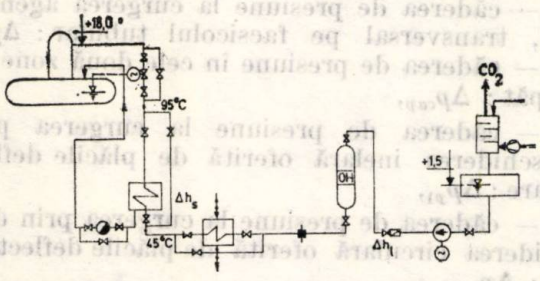


Fig. 2. Schema de încadrare a utilajelor din exemplul de calcul.

Pentru stabilirea electropompei, se calculează toate pierderile de presiune cunoscute (incluzînd diferența de înălțimi geodezice); presupunem $\sum \Delta h_i = 36$. Conform relației (1) se poate scrie:

$$H_p = \Delta H + \sum \Delta h_i = \Delta H + 36 = (\Delta h_s + \Delta h_l) + 36 \text{ [mca]}$$

Din catalogul uzinei de pompe Aversa se pot considera următoarele două variante de echipare cu electropompe:

— electropompa L 100 b (100 m³/h; 40 mca; 18,5 kW);
— electropompa L 100 a (100 m³/h; 42 mca; 22 kW).

Consultînd catalogul schimbătoarelor abur-apă orizontale (proiect D.1.33) produse de uzina Vulcan, rezultă pentru debitul de 100 m³/h șase posibilități de echipare (notate în fig. 1 cu numerele 1—6).

Se execută un calcul tehnico-economic conform relației (6), prezentat în tabelul 5.

Din exemplul de calcul a rezultat ca variantă optimă alegerea unui schimbător Dn 500, cu suprafața de 25 m², cu două treceri, și a unei electropompe Lotru 100 b (100 m³/h; 38 mca; 18,5 kW). La această variantă optimă, toată suprafața este utilă, iar în funcționare nu este necesară o laminare pe refularea pompei.

Se menționează că, fără a face acest calcul, s-ar fi ales probabil un schimbător de căldură pentru o viteză a apei în țevi de circa 2 m/s (varianta 5), care s-a dovedit mai dezavantajos.

Concluzii

La alegerea utilajului termomecanic anex (schimbător de căldură și pompă) se consideră utilă efectuarea unui calcul tehnico-economic de comparație a tuturor variantelor de echipare cu utilaj tipizat. Acest calcul se poate executa cu ușurință după metodologia propusă în articolul de față, cu ajutorul nomogramelor de calcul termic și de pierdere de presiune, anexate proiectelor schimbătoarelor uzinei Vulcan. Acest calcul reduce sau poate elimina dezavantajul economic al tipizării utilajelor.

(Articol intrat în redacție la 4 mai 1979)

Calculul căderii de presiune într-un aparat de schimb de căldură tubular cu plăci deflectoare circulare și inelare

Ing. **G. Chercea***)

Oricît ar părea de curios, problema calculului căderii de presiune la trecerea unui agent termic monofazic prin spațiul intertubular al unui aparat de schimb de căldură, echipat cu plăci deflectoare circulare și inelare, nu este complet rezolvată. O privire în manualele de specialitate sau în manualele de proiectare, cum ar fi [1], [2], vine în sprijinul acestei afirmații. Un pas înainte în sistematizarea calculului acestui tip de aparate de schimb de căldură a fost făcut de Slipcevic [3], ale cărui relații între dimensiunile constructive vor fi utilizate în continuare.

Principial, un aparat de schimb de căldură cu plăci deflectoare circulare sau inelare poate fi reprezentat schematic ca în figura 1.

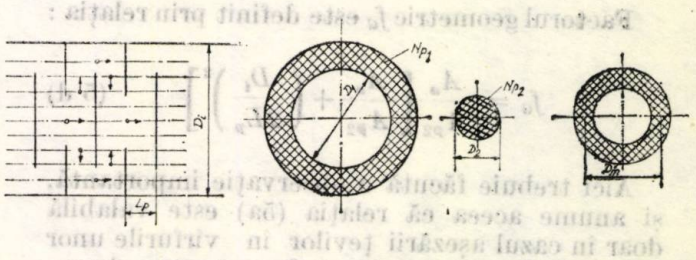


Fig. 1 Schema aparatului de schimb de căldură cu plăci deflectoare circulare și inelare.

D_i — diametrul interior al mantalei aparatului; L_p — distanța între plăcile deflectoare; D_1 — diametrul plăcii circulare; D_2 — diametrul interior al plăcii inelare; D_{med} — diametrul mediu al plăcii circulare; N_{p1}, N_{p2} — număr de țevi.

Aria secțiunii axiale de curgere a spațiului din interiorul mantalei este dată de relația:

$$A_a = \frac{\pi}{4}(D_i^2 - N d_e^2), \quad (1)$$

*) Ing. George Chercea este cercetător științific principal la ICEMENERG.

unde N este numărul de țevi;

d_e — diametrul exterior al țevii.

Aria secțiunii inelare libere va fi:

$$A_{p1} = \frac{\pi}{4}(D_i^2 - D_1^2 - N_{p1}\, d_e^2), \qquad (2)$$

iar aria secțiunii circulare libere:

$$A_{p2} = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - N_{p2}\, d_e^2) \qquad (3)$$

și aria secțiunii mantalei:

$$A_0 = \frac{D_i^2\, \pi}{4} \qquad (4)$$

Brandt [1] propune o metodă de calcul, care, în esență, va fi expusă în continuare. Căderea de presiune se calculează cu relația:

$$\Delta p = 1{,}5\left(\frac{64}{\mathrm{Re}_a} + 1\right) Z\, f_G\, \frac{\rho\, w_a^2}{2} \qquad (5\ a)$$

Cifra Reynolds Re_a se calculează cu viteza axială w_a corespunzătoare secțiunii cu aria A_a și cu diametrul „echivalent":

$$d_{ech} = d_e \frac{A_a}{A_0 - A_a} \qquad (5\ b)$$

Dacă numărul plăcilor deflectoare este n_p, atunci numărul de spații realizate de acestea va fi:

$$Z = n_p + 1 \qquad (5\ c)$$

Factorul geometric f_G este definit prin relația:

$$f_G = \frac{A_a}{A_{p2}}\left[\frac{A_a}{A_{p2}} + \left(\frac{D_i}{2L_p}\right)^2\right] \qquad (5\ d)$$

Aici trebuie făcută o observație importantă, și anume aceea că relația (5a) este valabilă doar în cazul așezării țevilor în vîrfurile unor triunghiuri echilaterale și doar pentru domeniile:

$\mathrm{Re}_a = 1 \ldots 10$

$d_e = 9{,}5 \ldots 16$ mm

$t = 14 \ldots 28$ mm (pasul dintre țevi)

În sfîrșit, trebuie reamintit că precizia relației este apreciată la $\pm$ 20 %.

Este interesant de observat că factorul f_G, conform relației (5 d), este influențat doar de aria circulară A_{p2}, deci pentru valori A_{p2} egale, f_G = const. Modificînd însă diametrul D_1, se modifică în mod corespunzător aria secțiunii de curgere A_{p1} și, drept urmare, viteza corespunzătoare w_{p1}, precum și numărul de rînduri de țevi scăldate transversal. Evident că în aceste condiții căderea de presiune se modifică. Prin urmare, relația (5 a) este aplicabilă doar pentru calculul căderii de presiune în cazuri particulare.

Față de cele arătate, în continuare se propune o altă metodă de calcul, care să elimine lipsurile amintite. La întocmirea acesteia au fost utilizate elemente cunoscute din calculul căderii de presiune în cazanele de abur și în recuperatoarele de căldură.

Căderea totală de presiune într-un aparat de schimb de căldură tubular cu plăci deflectoare circulare și inelare are următoarele componente:

— căderea de presiune în racordurile de intrare și ieșire din aparat: Δp_{rac},

— căderea de presiune la curgerea agentului, transversal pe facsicolul tubular: $\Delta p_{\perp}$,

— căderea de presiune în cele două zone de capăt: Δp_{cap},

— căderea de presiune la curgerea prin deschiderea inelară oferită de plăcile deflectoare: Δp_{p1},

— căderea de presiune la curgerea prin deschiderea circulară oferită de plăcile deflectoare: Δp_{p2}.

Considerînd, așa cum se întîmplă în mod uzual, că cele două racorduri — cel de intrare și cel de ieșire — sînt egale, viteza de curgere a agentului termic prin acestea fiind w_{rac}, căderea de presiune va avea valorile [4]:

— în racordul de intrare:

$$\Delta p_1 = 0{,}5\, \frac{\rho\, w_{rac}^2}{2} \qquad (6\ a)$$

— în racordul de ieșire:

$$\Delta p_2 = 1{,}0\, \frac{\rho\, w_{rac}^2}{2} \qquad (6\ b)$$

deci, pentru ambele racorduri:

$$\Delta p_{rac} = \Delta p_1 + \Delta p_2 = 1{,}5\, \frac{\rho\, w_{rac}^2}{2} \qquad (6\ c)$$

În general se consideră că această cădere de presiune are o valoare neglijabilă în comparație cu celelalte și deci nu se ia în considerație. Este bine însă, din motive de prudență, mai ales în cazul unor viteze ridicate de curgere prin racorduri, ca această cădere de presiune să fie luată în considerare.

Distanța dintre plăcile deflectoare L_p fiind mai mică decît distanța dintre plăcile deflectoare extreme și placa tubulară (L_{cap}), valorile căderilor de presiune $\Delta p_\perp$ și Δp_{cap} vor fi diferite, cu toate că în ambele cazuri curgerea agentului termic este transversală pe direcția țevilor.

În ce privește calculul căderii de presiune la curgerea transversală pe un fascicol tubular, materialul experimental publicat este foarte bogat. Evident, sînt de preferat relații sau date experimentale care au fost obținute prin încercări cît mai numeroase efectuate pe instalații reale. Din acest punct de vedere, se impun rezultatele obținute de Colburn [5], Chilton și Généraux [6]. Conform acestora, căderea de presiune într-un fascicol de țevi este definită ca suma căderilor de presiune în fiecare rînd de țevi. Prin urmare, conform figurii 1, sînt de considerat rîndurile de țevi cuprinse între diametrele semnificative D_1 și D_2. Deci:

$$\Delta p_\perp = \sum \Delta p_i \qquad (7\,a)$$

iar, pentru rîndul i:

$$\Delta p_i = \zeta_i \frac{\rho\, w_i^2}{2} \qquad (7\,b)$$

După Colburn, Chilton și Généraux, coeficientul de rezistență ζ este reprezentat de o relație de forma:

$$\zeta = \frac{C}{\left(\dfrac{t-d_e}{d_e}\,\mathrm{Re}\right)^n} \qquad (7\,c)$$

unde t este pasul țevilor.

Cifra Reynolds se calculează la diametrul d_e. Coeficientul C și exponentul n au valorile:

— în domeniul laminar $C = 60$, $n = 1{,}0$;

— în domeniul turbulent $C = 3$, $n = 0{,}2$.

După Slipcevic [7], trecerea de la domeniul laminar la cel turbulent este caracterizată de o valoare a cifrei Reynolds:

$$\mathrm{Re}_{cr} = \frac{42{,}3}{\dfrac{t-d_e}{t}} \qquad (7\,d)$$

Deci, pentru $\mathrm{Re} < \mathrm{Re}_{cr}$ curgerea este laminară, iar pentru $\mathrm{Re} > \mathrm{Re}_{cr}$, turbulentă.

În fapt, cazul curgerii laminare este destul de puțin întîlnit în practică. Limitînd studiul la curgerea turbulentă, din relațiile (7 b) și (7 c) se obține:

$$\Delta p_i = \frac{3}{\left(\dfrac{t-d_e}{d_e}\dfrac{d_e}{\eta}\right)^{0,2}} \frac{\rho\, w_i^{1,8}}{2} = M\, w_i^{1,8} \qquad (7\,e)$$

Pentru un debit volumic de agent termic V, viteza de curgere în secțiunea rîndului i (A_i) va fi:

$$w_i = \frac{V}{A_i} \qquad (7\,f)$$

Pentru întregul fascicol de țevi, aplicînd relația (7a), în care se introduc relațiile (7e) și (7f), se obține:

$$\Delta p_\perp = M(n_p - 1)\, V^{1,8} \sum \frac{1}{A_i^{1,8}} \qquad (7\,g)$$

Adoptînd ipoteza lui Slipcevic [7], relația (7g) poate fi scrisă sub forma, evident mai comodă:

$$\Delta p_\perp = \zeta_\perp (n_p - 1) \frac{\rho\, w_\perp^2}{2} \qquad (7\,h)$$

Viteza de curgere $w_\perp$ va fi raportată la o secțiune fictivă de curgere, avînd aria:

— pentru regimul turbulent:

$$A_{\perp\, turb} = \left(\frac{1}{\sum \dfrac{1}{A_i^{1,8}}}\right)^{5/9} \qquad (7\,i)$$

— pentru regimul laminar:

$$A_{\perp\, lam} = \frac{1}{\sum \dfrac{1}{A_i}} \qquad (7\,j)$$

Coeficientul de rezistență ζ_i se calculează cu relația (7c), cifra Reynolds fiind calculată cu viteza $w_\perp$ și diametrul exterior al țevilor, d_e. Aria secțiunii libere de curgere transversală pe un rînd de țevi este:

$$A = L_p \sum a, \qquad (7\,k)$$

unde a este distanța dintre pereții țevilor vecine.

Căderea de presiune în cele două zone de capăt se calculează cu relația:

$$\Delta p_{cap} = 2\zeta_{cap} \frac{\rho\, w_{cap}^2}{2} \qquad (8)$$

Procedura de calcul este identică cu cea expusă pentru căderea de presiune $\Delta p_\perp$.

Căderea de presiune în secțiunea inelară A_{p1}, respectiv în secțiunea circulară A_{p2}, se calculează cu relația:

$$\Delta p_p = \zeta_p \frac{n_p}{2} \frac{\rho\, w_p^2}{2} \qquad (9\,a)$$

O eroare care se face în mod obișnuit este aceea de a neglija efectul de expansiune indus de plăcile deflectoare. Din acest motiv, este mai indicată utilizarea rezultatelor obținute de Sullivan și Bergelin [8], este drept, pentru aparate cu plăci deflectoare având forma de segment de cerc. Experimentările au fost efectuate într-un domeniu $Re = 10 \ldots 3 \cdot 10^4$. Cifra Reynolds este calculată pentru viteza de curgere w_p și pentru diametrele hidraulice [7]:

$$d_{hp1} = \frac{D_i^2 - D_1^2 - N_{p1} d_e^2}{D_i + D_1 + N_{p1} d_e} \quad (9b)$$

$$d_{hp2} = \frac{D_2^2 - N_{p2} d_e^2}{D_2 + N_{p2} d_e} \quad (9c)$$

În sfîrșit, rămîne de precizat valoarea coeficientului de rezistență hidraulică. După încercările lui Parker și Mok [9], se poate utiliza cu precizie suficientă relația:

$$\zeta_p = 2{,}2 + \frac{286}{Re_p^{0{,}845}} \quad (9d)$$

Căderea totală de presiune în aparatul de schimb de căldură va fi egală cu suma căderilor parțiale de presiune:

$$\Delta p = \Delta p_{rac} + \Delta p_{\perp} + \Delta p_{cap} + \Delta p_{p1} + \Delta p_{p2} \quad (10)$$

Bibliografie

[1] * * * *VDI-Wärmeatlas. Berechnungsblätter für den Wärme-übergang.* 2. Auflage. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1974.

[2] * * * *Teplotehniceskii spravocinik.* Tom II, 2. izdanie Energhiia, Moscova, 1976.

[3] Slipcevic, B. *Auslegung von Wärmeübertragern mit Kreisscheiben und -ringen.* În: Technische Rundschau Sulzer 58, nr. 3, 1976, p. 114–120.

[4] Gregorig, R. *Wärmeaustausch und Wärmeaustauscher.* 2. Auflage. Verlag Sauerländer, Aarau & Frankfurt/Main, 1973.

[5] Lippitsch, J. *Druckabfall und Wärmeübergang im Mantelraum von Rohrbündel. Wärmeaustauschern mit Leitblechen.* În: Oesterreichische Ingenieur-Zeitschrift, 11, nr. 9, 1968, p. 310–315.

[6] Hell, F. *Grundlagen der Wärmeübertragung.* VDI-Verlag, Düsseldorf, 1973.

[7] Slipcevic, B. *Druckabfall im Mantelraum von Rohrbündel-Wärmeübertragern mit Kreisscheiben und -ringen.* În: Technische Rundschau Sulzer, 60, nr. 1, 1978, p. 28–30.

[8] Sullivan, F. W. și Bergelin, O. P. *Heat transfer and fluid friction in a shell and tube heat exchanger with a single baffle.* În: Chemical Engineering Program Symposium 52, 1956, p. 85–94.

[9] Parker, R. O. și Mok, Y. J. *Shell side pressure loss in baffled heat exchangers.* În: British Chemical Engineering, 13, nr. 3, 1968, p. 366–368.

(Articol intrat în redacție la 3 februarie 1979)

Alcalinizarea fazei lichide la temperaturile apei din cazan

Ing. **L. Stanisavlievici**

Reacția alcalină a apei din cazanele de presiune înaltă este consecința regimului chimic al apei de alimentare. Cele două variante aplicate astăzi — regimul alcalin propriu-zis și regimul slab alcalin cu dozare de oxigen — folosesc cantități determinate de soluție amoniacală. Regimul chimic neutru cu dozare de oxigen se poate aplica cu certitudine numai dacă în echipamentul termomecanic nu sînt folosite aliaje galbene.

Regimul chimic constituie ultima intervenție exterioară asupra calității apei de alimentare, avînd un singur scop — blocarea interacțiunii apă/metal. Prin crearea condițiilor de p*H* și de potențial redox, se asigură metalelor oțel-carbon și alamă stabilitatea electrochimică necesară. Aceasta permite formarea, mai ales în partea rece a circuitului termic al apei de alimentare, a straturilor oxidice protectoare.

În partea caldă a circuitului, interacțiunea apă/oțel este blocată spontan sub efectul temperaturii, bineînțeles dacă și celelalte condiții, de puritate a apei și cele hidrodinamice, sînt corespunzătoare. Teoretic nu mai este nevoie, aici, de alcalinitatea apei, nici, de altfel, de dozare de oxigen [1]. Dacă însă apa de alimentare conține impurități cu caracter slab acid, ceea ce este deseori cazul în exploatare, amoniacul dozat se admite că servește totodată la neutralizarea acidității apei. În cele ce urmează se analizează aspectul complex al acestei probleme.

Impuritățile amintite provin din poluanții de natură organică ai apei de adaos sau ai apei de răcire; acizii organici respectivi nu sînt reținuți integral de către schimbătorii puternic bazici ai instalației de demineralizare, în unele cazuri avînd chiar un efect nociv asupra acestora.

În circuitul termic al apei, neutralizarea acidității de către hidroxidul de amoniu se desfășoară simplu și eficient, deoarece este prezentă o singură stare de agregare: faza lichidă, care nu este în contact cu atmosfera.

În cazan existența celor două faze la vaporizarea apei și a temperaturii ridicate determină ca neutralizarea acidității apei de către hidroxidul de amoniu să se desfășoare după un mecanism mai complex. De fapt nu are loc o „neutralizare" propriu-zisă, cum vom vedea, iar în multe cazuri rezultatele scontate nu sînt atinse. Se vor analiza situațiile următoare:

— apa de alimentare conține ca impurități cu caracter acid numai acidul carbonic;

— apa de alimentare conține (eventual pe lîngă acidul carbonic) acizi organici, volatili la

temperatura cazanului; proveniența lor a fost indicată în cele precedente;

— în afară de acești acizi sau în lipsa lor, apa de alimentare conține poluanți organici, neionogeni, proveniți din apa naturală, care suferă în cazan o descompunere hidrotermică cu eliberare de acizi minerali (sau organici).

*

În exploatare apare deseori cazul în care apa de adaos demineralizată, sau apa de alimentare lipsită de impurități, poate să prezinte constant un caracter slab acid. Cauza este prezența acidului carbonic, nereținut în totalitate de către schimbătorii puternic bazici.

Valorile p*H* calculate, ale soluțiilor de CO_2 de concentrație mică, la 20°C, sînt date de curba din figura 1.

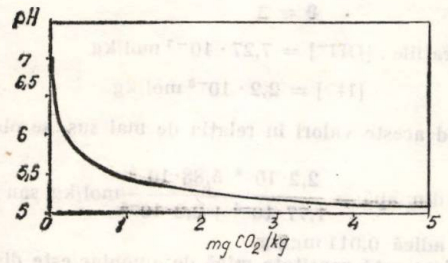


Fig. 1

Bioxidul de carbon, ca soluție fizică în apă, se hidratează; în mediu slab acid sau neutru hidratarea decurge încet; ea este accelerată în mediu bazic. Acidul carbonic care a luat naștere ionizează în două trepte, intensitatea ionizării fiind în raport direct cu valoarea p*H* a apei, deoarece ea depinde de legarea ionului H^+ care a apărut. La $pH \approx 8$, ionizarea primei trepte este totală; la $pH \geqslant 10$ nu mai există în soluție acid carbonic neionizat, predominînd forma HCO_3^-, corespunzătoare primei trepte de ionizare, față de aceea a treptei a doua, CO_3^{2-}. În apă se desfășoară deci, la temperatura ambiantă, un echilibru chimic dinamic între produsele de hidratare și de ionizare:

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons CO_3^{2-} + 2H^+$$

În circuitul termic al apei, neutralizarea acidității de către soluția de hidroxid de amoniu nu ridică nici o dificultate; condițiile favorabile pentru aceasta au fost amintite mai sus. Acidul carbonic este instabil termic, dar descompunerea sa în constituenții CO_2 și H_2O nu poate avea loc; nici compușii formați cu amoniacul, instabili termic și ei, nu au condiții de a se descompune. Prin legarea chimică a acidului, coroziunile metalului sînt evitate.

În degazorul termic coexistă cele două faze: apă și abur, precum și contactul, deși indirect, cu atmosfera; acidul carbonic se descompune, iar gazul CO_2 este evacuat (împreună cu oxigenul). Amoniacul, dozat în apă înainte de preîncălzitoarele de joasă presiune, este și el eliminat, dar nu integral, ci numai în proporția corespunzînd condițiilor de temperatură și de presiune din degazor.

În partea „caldă" a circuitului se reproduce situația dinaintea degazorului termic, dar la temperaturi mai mari. Acidul carbonic rămas încă în apă este neutralizat de către amoniacul care nu a fost eliminat.

În cazan, în zona de vaporizare coexistă cele două stări ale apei, iar acidul carbonic, dată fiind temperatura ridicată, are condiții de a se descompune în constituenții săi: bioxid de carbon și apă. Gazul CO_2 trece în abur; ca atare, el nu are vreo acțiune agresivă asupra oțelului. Stratul lichid limită a fazelor, la vaporizarea apei, mai păstrează o oarecare alcalinitate, în raport cu repartiția cantitativă a amoniacului, la temperatura dată, în abur și în apă.

Acidul carbonic din apa de alimentare nu provoacă, în condițiile din cazan, coroziuni ale metalului țevilor. Alcalinitatea apei, în acest caz, nu mai are vreun rol, dar nici nu prezintă vreun inconvenient; rolul ei reapare, în afara cazanului, la condensarea aburului.

O reacție acidă a aburului, preluat la masa de probă, corespunde deci doar la o eventuală agresivitate față de metalul instalației de luat probe.

*

Poluarea crescîndă a surselor de apă și diversitatea mare a poluanților de natură organică, deversați de către industrii în emisar, mențin ca actuale modurile de neutralizare a acizilor care pot apărea în apa de alimentare a cazanelor, ca urmare a nereținerii lor totale în instalația de demineralizare a apei de adaos sau a condensatului. Hidroxidul de amoniu prezintă însă, în condițiile din cazan, o comportare specifică, ce poate limita sau chiar anula efectul de neutralizare urmărit.

Eficiența neutralizării acidității apei din cazan cu ajutorul hidroxidului de amoniu depinde, esențial, de doi factori: unul cantitativ, legat de repartizarea amoniacului în cele două faze ale apei, existente la vaporizare, altul, calitativ, privind trecerea preferențială din apă în abur, la limita fazelor, a amoniacului sau a acidului organic volatil.

Aspectul cantitativ. Mecanismul care intervine aici a fost studiat mai de mult [2], [3]; îl vom menționa pe scurt, deoarece în legătură cu el mai stăruie încă unele imprecizii de interpretare.

Repartizarea amoniacului la vaporizarea apei, în cazan, în cele două stări de agregare este caracterizată prin factorul de distribuţie ϑ; valoarea lui este dependentă de temperatură, iar expresia lui — în concordanţă cu legea Henry-Dalton — este :

$$\vartheta = \frac{[NH_3] \text{ din abur}}{[NH_3] \text{ total} - [NH_4^+] \text{ din apă}}$$

Valorile pentru ϑ, indicate în sursele bibliografice, nu concordă între ele [4], dar diferenţele sînt nesemnificative pentru aplicaţiile practice şi nu trebuie să dea loc la discuţii. În figura 2

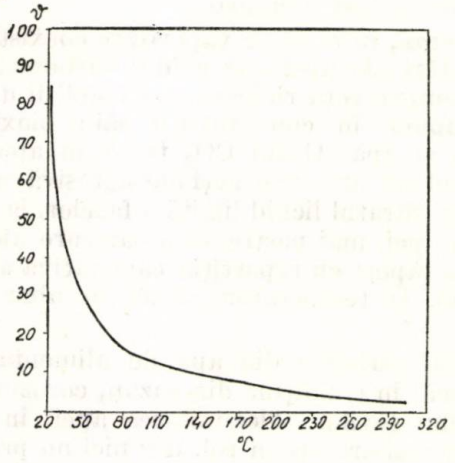


Fig. 2

este redată grafic variaţia valorilor acestui factor, pentru concentraţii mici de amoniac în apă şi temperaturi pînă la 300°C; scăderea valorilor în raport cu temperatura apei este continuă şi, pînă la 80°C, ea este foarte accentuată; dar chiar la temperaturi ridicate, ϑ are încă valori mari. Pentru concentraţii mai mari de amoniac în apă, care nu interesează aici, factorul ϑ are valori superioare celor indicate în figura 2.

Stabilirea cantităţii de amoniac în cele două faze în straturile limită, la vaporizarea apei (respectiv la condensare), se face astfel :

Mărimea $[NH_4^+]$ din apă, din expresia pentru ϑ, se obţine din constanta de ionizare K' a reacţiei : $NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$, adică :

$$K' = \frac{[NH_3] \cdot [H^+]}{[NH_4^+]}$$

şi din concentraţia totală, c, de amoniac din apă : $c = [NH_3] + [NH_4^+]$

$$[NH_4^+] = c - [NH_3]$$

de unde, după înlocuiri şi simplificări, se obţine :

$$[NH_4^+] \text{ din apă} = \frac{[H^+] \cdot c}{K' + [H^+]} \text{ mol/kg}$$

Mărimea K' corespunde valorii : $K' = \frac{K_w}{K}$, în care K_w este produsul ionic al apei, la temperatura dată, iar K — constanta de ionizare pentru NH_4OH la temperatura dată. Mărimea $[H^+]$ se obţine tot cu ajutorul constantei K :

$$K = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_4 OH]} \rightarrow \frac{[OH^-]^2}{[NH_4OH]}$$

de unde : $[OH^-] = \sqrt{K \cdot c}$

iar $[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$

Cunoscînd toţi termenii, se poate calcula expresia $[NH_4^+]$ din apă, iar mai departe, cu ajutorul valorii ϑ, concentraţia amoniacului din abur, din straturile limită respective.

Un exemplu numeric pentru temperatura de 310°C.

Cantitatea totală de amoniac dozat în apă : $c = 0{,}1$ mg/kg, respectiv $5{,}88 \cdot 10^{-6}$ mol/kg.

$$K_w = 1{,}59 \cdot 10^{-12}$$

$$K = 9 \cdot 10^{-8}$$

$$K' = 1{,}77 \cdot 10^{-5}$$

$$\vartheta = 3$$

Concentraţiile : $[OH^-] = 7{,}27 \cdot 10^{-7}$ mol/kg

$$[H^-] = 2{,}2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/kg}$$

Înlocuind aceste valori în relaţia de mai sus, se obţine :

$$[NH_4^+] \text{ din apă} = \frac{2{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 5{,}88 \cdot 10^{-6}}{1{,}77 \cdot 10^{-5} + 2{,}2 \cdot 10^{-6}} \text{mol/kg, sau } 6{,}2 \cdot 10^{-7}$$

mol/kg, adică 0,011 mg/kg.

Numai această cantitate mică de amoniac este disponibilă pentru a neutraliza o eventuală aciditate a apei, în stratul limită la vaporizare. Mărirea dozajului de amoniac, în vederea compensării repartizării sale nefavorabile, la vaporizarea apei, între cele două faze, nu reprezintă o soluţie. În limitele de p*H* admise, creşterea valorii $[NH_4^+]$ în apă, este neînsemnată; un dozaj mai mare, provoacă neajunsuri la ţevile de alamă ale echipamentului termomecanic.

În stratul limită de abur se vor găsi : $(0{,}1 - 0{,}011) \cdot 3 = 0{,}27$ mg amoniac/kg.

Aspectul calitativ. Substanţele dizolvate în apă, volatile la temperaturile din cazan — amoniacul şi acizii organici — sînt supuse la limita fazelor, în cursul vaporizării, unui mecanism de trecere preferenţială din apă în abur. Fiind vorba de o substanţă alcalină şi de acizi, mecanismul menţionat poate avea efect direct asupra integrităţii straturilor oxidice protectoare din ţevile zonei de vaporizare.

Factorul determinant la trecerea preferenţială din apă în abur, la limita fazelor a uneia din substanţele volatile prezente în apă, este valoarea constantei sale de ionizare la temperatura dată. Trece preferenţial în abur substanţa a cărei constantă de ionizare are valoarea mai mare; la valori egale sau practic egale ale acestei mărimi, devine determinantă viteza de difuzie a ei în stare de gaz. Această viteză de difuzie este, la rîndul ei, invers proporţională cu valoarea rădăcinii pătrate a greutăţii specifice a substanţei în stare gazoasă. În asemenea caz, va trece preferenţial în abur substanţa care are valoarea mai mică a acestei caracteristici.

Constantele de ionizare ale acizilor organici slabi nu sînt cunoscute de regulă pentru temperaturi mai ridicate; pentru comparare se pot folosi, cu exactitate satisfăcătoare, valorile determinate la temperaturi mai mici sau la cea ambiantă.

Consecința desfășurării acestui mecanism constă în aceea că, la limita celor două stări, lichidul poate avea, după caz, o reacție alcalină sau una acidă. Situația favorabilă este, desigur, aceea în care acidul organic, volatil la temperatura din cazan, trece preferențial la vaporizare din apă în abur. Faza lichidă va avea o reacție slab alcalină, dată de amoniac, ceea ce asigură lipsa coroziunilor în țevile de vaporizare.

Prezența în apa de alimentare a cazanului a unor acizi organici liberi poate avea mai multe cauze, însă inițial ea se datorește poluării tot mai intense a surselor de apă de către deversările industriale. Dar și diversitatea acestor poluanți în apele emisarului este extrem de mare, iar concentrațiile lor sînt foarte diferite; ele reacționează între ele și cu sărurile dizolvate în mod natural în apă, ceea ce, în ansamblu, influențează în rău fenomenele complexe de autoepurare ale cursului de apă. Drept consecință, pentru fiecare emisar și pentru zonele sale caracteristice, apare, ca rezultantă, un echilibru dinamic, specific, labil.

Intensitatea poluării și caracterul ei nu pot fi cunoscute în mod mulțumitor; identificarea substanțelor prezente în soluție și determinarea lor cantitativă depășește de obicei posibilitățile exploatării, chiar dacă aceasta este dotată cu un laborator de analize bine organizat. Metodele analitice, chimice sau fizice, specifice pentru studiul acestor poluanți, sînt mai toate elaborate pentru apele reziduale industriale, legate de preocupări ecologice. Concentrațiile impurităților din aceste ape sînt însă mult mai mari decît acelea din emisar, iar în acesta din urmă condițiile de interferență sînt mult diferite. Metodele care vin în considerare sînt laborioase, nepotrivite controlului în exploatare, iar precizia lor nu corespunde, în toate cazurile, exigenței cerute în domeniul apei pentru cazanele de presiune înaltă.

Prezența impurităților organice neeliminate prin tratarea apei de adaos poate provoca degradarea progresivă sau subită a schimbătorilor anionici puternic bazici din instalația de demineralizare, ceea ce poate introduce în apa tratată și produsele de descompunere a acestora.

În asemenea situație, cauza inițială a neajunsurilor survenite în exploatare nu poate fi identificată; soluțiile de remediere propuse sînt în realitate ineficiente, sau chiar neindicate, din cauza implicațiilor la care pot da naștere.

În aceste cazuri se constată în genere, analizînd situația, că instalația de pretratare a apei de adaos, prin concepția ei, nu poate face față performanțelor care se impun în ceea ce privește eliminarea poluanților. De asemenea, instalația de demineralizare a condensatului nu poate asigura, ca debit, tratarea continuă a totalității acestui condensat. Asupra considerentelor care pot genera o asemenea situație, vom reveni în cele ce urmează.

În tabelul 1 se prezintă caracteristicile fizice ale unor acizi organici, poluanți, ai apelor na-

Tabelul 1

Caracteristici fizice ale unor acizi organici, proveniți din poluanți industriali (inofensivi pentru schimbătorii anionici puternic bazici)

Denumirea acidului	Formula	Constanta K			Greutate moleculară	Punct de fierbere	Greutate specifică vapori, g/l	Valoarea $\sqrt{\text{gr. spec.}}$
		°C	K	pK				
Tartric. Dihidroxisuccinic	$C_2H_2(OH)_2 \cdot (COOH)_2$	25	K_1 $9{,}6 \cdot 10^{-4}$ K_2 $2{,}9 \cdot 10^{-5}$	3,02 4,54	150,05	Se descompune	6,70	2,59
Citric. Hidroxi-propan-tricarboxilic	$CH_2 \cdot (CH)_2 \cdot OH \cdot (COOH)_3$		K_1 $8{,}7 \cdot 10^{-4}$ K_2 $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ K_3 $4 \cdot 10^{-6}$	3,06 4,74 5,40	192,07	Se descompune la 135°C	8,61	2,93
Formic	$H \cdot COOH$	20	$1{,}77 \cdot 10^{-4}$	3,75	46,02	100,8	2,05	1,43
Acetic	$CH_3 \cdot COOH$	25	$1{,}75 \cdot 10^{-5}$	4,76	60,03	118,1	2,69	1,64
n-Butiric	$CH_3 \cdot (CH_2)_2 COOH$	25	$1{,}51 \cdot 10^{-5}$	4,82	88,07	163,5	3,92	1,98
Propionic	$CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH$	25	$1{,}34 \cdot 10^{-5}$	4,87	74,05	141,1	3,30	1,81
Acrilic. Vinilformic	$CH_2 \cdot CH \cdot COOH$	25	$5{,}66 \cdot 10^{-5}$	4,3	72,06	141,9	3,21	1,80
Adipic Hexandioic	$(CH_2)_4 \cdot (COOH)_2$	25	K_1 $3{,}72 \cdot 10^{-5}$	4,43	146,09	265	6,51	2,55
Cianhidric	HCN		$4{,}9 \cdot 10^{-10}$	9,3	27,03	26,5	1,20	1,09

turale, care sînt inofensivi pentru schimbătorii anionici puternic bazici. Acțiunea lor, agresivă sau nu, față de țevile cazanului depinde de mecanismul trecerii preferențiale, la limita fazelor, în cursul vaporizării, din apă în abur, în prezența amoniacului din soluție.

Din tabel rezultă că, de exemplu, acidul formic (din formiații prezenți în apele poluate de către industrii) are o comportare favorabilă, în sensul celor indicate mai înainte. Caracteristicile sale : $K_{20^\circ} = 1{,}77 \cdot 10^{-4}$ și $\sqrt{\text{gr.sp.gaz}} = 1{,}43$, comparativ cu acele ale hidroxidului de amoniu : $K_{25^\circ} = 1{,}83 \cdot 10^{-5}$ ($K_{100^\circ} = 1{,}35 \cdot 10^{-5}$), respectiv $\sqrt{\text{gr.sp.gaz}} = 0{,}87$, arată că, la limita fazelor apei în cursul vaporizării, el trece preferențial în abur, faza lichidă păstrînd o reacție slab alcalină. Straturile oxidice protectoare de pe pereții țevilor fierbătoare nu sînt supuse agresivității mediului.

O mare parte a acizilor organici, volatili la temperaturile din cazan, nu prezintă însă o asemenea comportare favorabilă, cum rezultă din compararea caracteristicilor lor fizice cu cei ai hidroxidului de amoniu, din tabel.

Dacă acidul organic, prezent în apa poluată, se comportă agresiv față de schimbătorii anionici puternic bazici — cum este cazul, de pildă, al acidului levulic — produsele de degradare ale anionitului se adaugă la impuritățile de natură organică din apa de alimentare, creînd o situație complexă și, uneori, greu de stăpînit.

*

În apa de alimentare pot fi prezente, din cauzele amintite mai sus, impurități de natură organică, complexă, neionogene. Controlul analitic curent din exploatare nu le poate identifica, necum să le determine cantitativ.

În general, aceste substanțe conțin Cl^- ; în cazan, prin descompunerea hidrotermică, ele dau naștere la acizi liberi, organici sau anorganici. În primul caz, posibilitatea neutralizării lor prin hidroxidul de amoniu depinde de mecanismele analizate mai înainte ; dacă apar acizi anorganici — de pildă acid clorhidric — neutralizarea impune folosirea unor alcalii solizi, în speță hidroxidul de sodiu. O asemenea metodă a fost recomandată și aplicată în dese cazuri, în exploatare ; studii recente [4], [5] o propun în continuare chiar pentru cazane cu mare densitate a fluxului termic.

Spre a evita unele neajunsuri, care ar putea apărea prin folosirea acestei metode, se recomandă următoarele măsuri :

— dozarea soluției alcaline, foarte diluată, trebuie executată înainte de economizor ;

— dacă dozajul are loc în tambur, trebuie acordată o atenție deosebită repartiției uniforme a soluției alcaline în apa de cazan, spre a evita producerea de concentrații locale mai mari ;

— în cazul în care reglarea temperaturii aburului supraîncălzit se face cu apa de cazan sau cu apa de alimentare, metoda este inaplicabilă, din cauză că aburul va fi impurificat cu hidroxid de sodiu.

Aplicarea acestor măsuri nu suprimă toate neajunsurile care decurg din dozarea deliberată în apă a hidroxidului de sodiu : la vaporizare, substanța solidă dizolvată în apă se concentrează foarte mult în straturile vecine cu peretele țevii ; mediul caustic astfel creat poate provoca degradarea straturilor oxidice protectoare. Efectul se manifestă mai devreme sau mai tîrziu, în raport cu valoarea densității fluxului termic, cu prezența în apă și a altor impurități dizolvate, posibil de a se concentra în stratul limită lichid, și cu condițiile specifice de exploatare (frecvența, durata și mărimea dozării hidroxidului de sodiu).

Rezultă că metoda de a combate în cazan deficiențele calitative ale apei de alimentare, dozînd soluții ale unor compuși alcalini solizi (hidroxid de sodiu sau fosfați de sodiu), nu este recomandabilă în cazul cazanelor cu densitate mare a fluxului termic. Metoda nu se aplică la cazane cu trecere, din considerații privind impurificarea aburului ; dar în ce privește implicațiile asupra integrității straturilor oxidice protectoare, situația rămîne principial neschimbată, indiferent de tipul constructiv al cazanului.

*

Soluția acestei probleme constă în folosirea tuturor posibilităților pe care le oferă tehnica tratării apei pentru cazane, și îndeosebi pretratarea apei. Aceasta are astăzi, în condițiile de poluare a surselor disponibile, o importanță deosebită în acțiunea eliminării intense a poluanților deversați de industrii în emisar [6] ; în unele cazuri, o pretratare judicioasă este chiar determinantă în funcționarea sigură a instalației de demineralizare și în asigurarea finală a indicilor de calitate impuși apei de alimentare a cazanelor. Apare deci evident că aproape în toate cazurile este justificată aplicarea ansamblului măsurilor tehnologiei de pretratare a apei. Aspectele tehnice și cele economice privind această problemă trebuie integrate în ansamblul tratării apei pentru cazan, și nu rezolvate în mod separat. Măsurile indicate, cunoscute dar controversate deseori încă, sînt :

1. Pretratarea intensă a apei de adaos înaintea demineralizării sale. Eficiența realizată este în raport atît cu complexitatea operațiilor constitutive ale metodei, cît și cu nivelul tehnic al instalațiilor folosite [7]. Operațiile principale de aplicat sînt : decantarea, coagularea-floculare, susținută de activatori specifici, selectați judicios ; filtrarea mecanică ; filtrarea prin rășini absorbante, ca o completare în cazul

apelor „dificile", adică poluate intens, respectiv poluate cu compuși organici greu de eliminat.

2. Demineralizarea condensatului de la turbine. În condițiile de poluare actuale ale apelor de suprafață, care constituie sursa de apă pentru condensarea aburului turbinelor, această operație se impune în toate exploatările lucrînd cu cazane de presiune înaltă și în sisteme de răcire în care apa este netratată (de trecere) sau parțial tratată (răcire umedă, cu turn de răcire).

Infiltrațiile chiar minime de apă de răcire pot produce, prin efectele cumulative ale impurităților pe care le conțin, neajunsuri în exploatare. Concepția tehnică a instalației de demineralizare trebuie să asigure performanțe înalte și fiabilitate deplină, în condițiile unei exploatări dificile. Unele soluții recente [8] sînt indicate tocmai pentru asemenea situații.

Aspectul economic convențional — referitor la capacitatea instalației în raport cu debitul de condensat, ca și cel referitor la funcționarea continuă sau intermitentă, la sarcină parțială sau totală — trebuie examinat în contextul posibilității de detectare a infiltrațiilor chiar minimale de apă de răcire în exploatare [9]. O soluție tehnică judicioasă este totdeauna, în perspectivă, și soluția cea mai economică.

Bibliografie

[1] Stanisavlievici, L. *Regimurile chimice ale apei pentru cazane.* În: Energetica, 26, nr. 9, 1978.

[2] Hömig, H. E. *Das Verhalten flüchtiger Alkalisierungsmittel bei der Kondensation des Wasserdampfes.* În: Mitt. VGB nr. 40, 1956.

[3] Held, H. D. și Bujak, W. *Betrachtungen über die Vorgänge im Betrieb des Dampf-Kondensat Kreislaufes.* În: Mitt. VGB nr. 89, 1964.

[4] Kittel, H. și Schlizio, H. *Die Wasserstoffmessung als Hilfsmittel zur Deutung von Vorgängen im Wasser-Dampf-Kreislauf.* În: VGB-Kraftwerkstechnik 56, nr. 1, 1976.

[5] Hochmüller, K., Maihöfer, A. și Braunstein, L. *Probleme in Dampferzeugern durch nichtionogene Inhaltstoffe des Speisewassers.* În: VGB-Kraftwerkstechnik 54, nr. 3, 1974.

[6] Maftei, M. *Activatorii de coagulare în tratarea apei de adaos la cazanele de abur.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, ODE, nr. 7, 1969.

[7] Stanisavlievici, L. *Aspecte ale pretratării apei pentru cazane de presiune înaltă.* În: Energetica, 22, nr. 4, 1974.

[8] Brandel, A. *Das Triobed-System für Mischbettfilter.* În: VGB-Konferenz Chemie im Kraftwerk 1978, Essen.

[9] Effertz, P. H., Fichte, W. și Szenker, B. *Erfassung von Minileckagen an Turbinen-Kondensatoren.* În: VGB-Konferenz, Chemie im Kraftwerk 1978, Essen.

(Articol intrat în redacție la 21 februarie 1979)

Asupra insularizării centralelor electrice de termoficare pe consum local

Ing. **Doru Păunescu***)

În articolul „Puncte de vedere privind insularizarea unor centrale electrice de termoficare pe consum local", apărut în revista „Energetica" nr. 9 din 1978, se afirmă că „insularizarea centralelor pe consum local este de dorit să se facă într-o singură insulă, în acest caz șansele de reușită fiind maxime".

Afirmația se bazează, în principal, pe argumentul că insularizarea în două sau mai multe insule ar fi compromisă ori de cîte ori, cel puțin în una din insule, acțiunea automaticii nu ar avea succes fiindcă, prin acționarea automaticilor curente de realimentare (AAR), s-ar transfera un consum dintr-o insulă în alta și astfel, în cascadă, toată insularizarea ar fi nereușită.

Pornind de la aproximativ aceleași premise, corecte de altfel, dar atribuind fiecărui element o pondere mai apropiată de realitate, vom căuta să supunem discuției un alt punct de vedere.

1. La nivelul SEN se acceptă concepția potrivit căreia, în cazul avariilor grele sau extinse, la apariția fenomenului de instabilitate etc., sistemul să fie salvat prin separarea lui în mai multe zone și, ulterior, în caz de nevoie, prin insularizarea centralelor din zonele afectate de avarie.

Deci prin această concepție se evită o soluție „tot" sau „nimic", concepție ce trebuie extinsă și în cazul insulei propriu-zise, la platformele industriale, nu numai pentru păstrarea unității de concepție, cît mai ales pentru a asigura șanse sporite de păstrare în funcțiune a cel puțin unor părți din platformele industriale și în orice caz a consumului prioritar.

În acest mod pot fi diminuate eventualele pagube, iar reluarea atît a alimentării normale, cît și a proceselor tehnologice se poate face mai rapid.

2. Acceptînd drept condiție inițială pentru șansele maxime de reușită a insularizării schimbul de energie al zonei cu sistemul nul sau oricum minim ($\Delta P \cong 0$), analiza trebuie să fie făcută totuși în cazul real, în care acest schimb este important și variabil, din următoarele motive:

— Sursele de energie aferente platformei sînt dimensionate după consumul de energie termică, abur tehnologic și consum electric vital aferent zonei, și nu din considerente de schimb de energie electrică cu sistemul minim.

— În timp ce puterea consumată în insulă este constantă sau, oricum, lent și previzibil

*) Doru Păunescu este inginer principal în cadrul M.E.E.

variabilă, puterea produsă în insulă poate varia în limite largi, aleatoriu, funcție de considerente tehnologice, disponilitatea mașinilor și asigurarea cu combustibil, retrageri din exploatare, incidente și avarii ale grupurilor etc., toți acești factori afectînd eventualul echilibru, la nivel de zonă unică de insularizare, între puterea produsă și cea consumată.

3. Schema normală de alimentare a platformelor industriale trebuie să asigure în cel mai înalt grad posibil siguranța și pretențiile justificate ale consumatorilor referitor la evitarea căderilor sau întreruperilor de tensiune (pe perioada acționării instalațiilor de protecție și automatizare), referitor la separarea consumatorilor sensibili de consumatorii sau rețelele cu șocuri importante etc., criterii ce trebuie sacrificate în dorința realizării insularizării în zonă unică.

În acest sens se adoptă, pentru platformele importante, de regulă, soluții de alimentare în schemă normală din două sau mai multe surse 110 kV, sau chiar 220 kV, independente, reducînd astfel, pe cît posibil, influențele perturbațiilor aferente unei surse de alimentare asupra celeilalte.

Aceste soluții favorizează, în plus, siguranța prin creșterea selectivității protecțiilor din zonă, evitarea extinderilor de avarii, scăderea puterilor de scurtcircuit pe bare și, implicit, scăderea solicitării aparatajului, precum și prin sporirea rapidității și eficienței intervenției personalului de conducere operativă în caz de incidente sau avarii.

Pornind de la aceste premise, apare evident că :

— Insularizarea în zonă unică presupune funcționarea cu sursă unică (funcționare buclată) în schemă normală, ceea ce se abate de la principiul expus la pct. 3.

— Insularizarea în zonă unică, în condițiile reale expuse la pct. 2, presupune acționarea cu succes și proporțional a DAS în insulă, care să ducă la echilibrarea puterii consumate cu cea produsă. Se precizează că pentru acționarea selectivă a DAS în insulă — înțelegînd prin aceasta sacrificarea progresivă a consumului, funcție, de importanță, pe baza unor priorități prestabilite — instalațiile DAS trebuie să fie numeroase, cu reglaje diferite și puternic dispersate, deoarece și deficitele de putere ce pot apărea în insulă variază în limite mari.

— Adoptîndu-se o soluție „tot" sau „nimic", șansele de păstrare a alimentării consumatorilor prioritari sînt identice cu cele ale restului consumatorilor din insulă, șanse afectate, conform considerației anterioare, de corecta funcționare a DAS în insulă.

Din aceste considerente se propune analizarea insularizării platformelor industriale în două sau mai multe insule, funcție de configurație, în fiecare insulă existînd unul sau cel mult două grupuri generatoare, astfel încît funcționarea lor în paralel, izolat de restul sistemului, să aibă șanse maxime.

În favoarea acestei propuneri se enunță următoarele avantaje :

— Automatica de insularizare se poate suprapune peste schema normală de alimentare, concepută în ideea asigurării siguranței maxime a consumatorului, neafectînd-o cu criterii restrictive.

— Variația deficitelor de putere se desfășoară în limite mai restrînse, deoarece, la lipsa unui generator, automatica de insularizare aferentă lui se anulează, consumul adiacent redistribuindu-se, astfel încît la funcționarea eventuală a celorlalte automatici în insula generatorului oprit să se afle consumul ce trebuie sacrificat în prima fază, corespunzător puterii oprite, înainte de acționarea DAS în insulă.

— DAS în fiecare insulă (eventual numai într-una, restul păstrîndu-se operativ cu echilibru de putere sau păstrîndu-se totdeauna o insulă cu consumatori prioritari echilibrată și adoptînd DAS în toate celelalte) va fi mai puțin extins și deci cu șanse mai mari de reușită.

— În fiecare insulă poate fi păstrată o rezervă de putere (în sensul excedentului de putere produsă), astfel încît consumul prioritar aflat într-o insulă în care automatica a acționat nereușit să poată fi transferat prin AAR prioritare spre o insulă în care insularizarea s-a realizat cu succes.

— În lipsa posibilităților de transmitere a comenzii de blocare AAR obișnuite de la acționarea automaticii, acestea vor fi blocate de releele de frecvență locale, care asigură DAS

Tabelul 1

	p	Succes, p		Insucces, q
1	0,9	0,9		0,1
1	0,8	0,8		0,2
1	0,7	0,7		0,3
		Succes în ambele insule, p^2	Succes într-o insulă, $2pq$	Insucces, q^2
2	0,9	0,81	0,18	0,01
2	0,8	0,64	0,32	0,04
2	0,7	0,49	0,42	0,09
		Succes în 3 insule p^3	Succes în 2 insule $3p^2q$	Succes într-o insulă $3pq^2$	Insucces q^3
3	0,9	0,729	0,243	0,027	0,001
3	0,8	0,512	0,384	0,096	0,008
3	0,7	0,343	0,441	0,189	0,027

în insulă și care, oricum, sînt necesare atît în varianta cu o singură insulă, cît și în varianta cu mai multe insule.

— Se asigură în acest fel șanse sporite consumului vital (AAR prioritare neblocate la acționarea automaticii).

— Se renunță la principiul „tot" sau „nimic" asigurîndu-se șanse sporite ca cel puțin o parte din consumatori, prioritar cei importanți, să rămînă alimentați.

În sensul celor de mai sus, folosind metoda binomială de calcul al elementelor de siguranță în funcționare, respectiv metoda identică cu cea folosită în articolul menționat, astfel încît rezultatele să fie comparabile, dînd valori absolut arbitrare lui p pentru o insulă, $p = 0{,}9$; 0,8; 0,7 (valorile acordate în articolul menționat par oarecum optimiste), cu scopul de evaluare strict calitativă și comparativă, s-a întocmit tabelul 1.

În figura 1 se propune o soluție posibilă de alimentare a unei platforme industriale importante, precum și modul de organizare a automaticii de siguranță în zonă, cu realizarea în caz de nevoie a patru insule independente.

Asupra schemei propuse se fac următoarele considerații:

Schema normală prevede interconectarea stației de 220/110 kV, avînd 2 AT 200 MVA și sistemele de bare de 110 kV nelegate galvanic (CT 110 kV deconectată), prin patru linii de 110 kV echilibrat dispuse pe bare cu secțiile de bare de 110 kV independente (cuplele deconectate) ale CET de pe platformă, secții de bare pe care debitează cele patru grupuri.

Din aceste secții de bare ale centralei se alimentează, prin opt racorduri echilibrat dispuse pe bare, cele două stații de 110 kV ale platformei industriale, P și Q, stații în care secțiile $1A$ și $1B$ sînt considerate bare de siguranță,

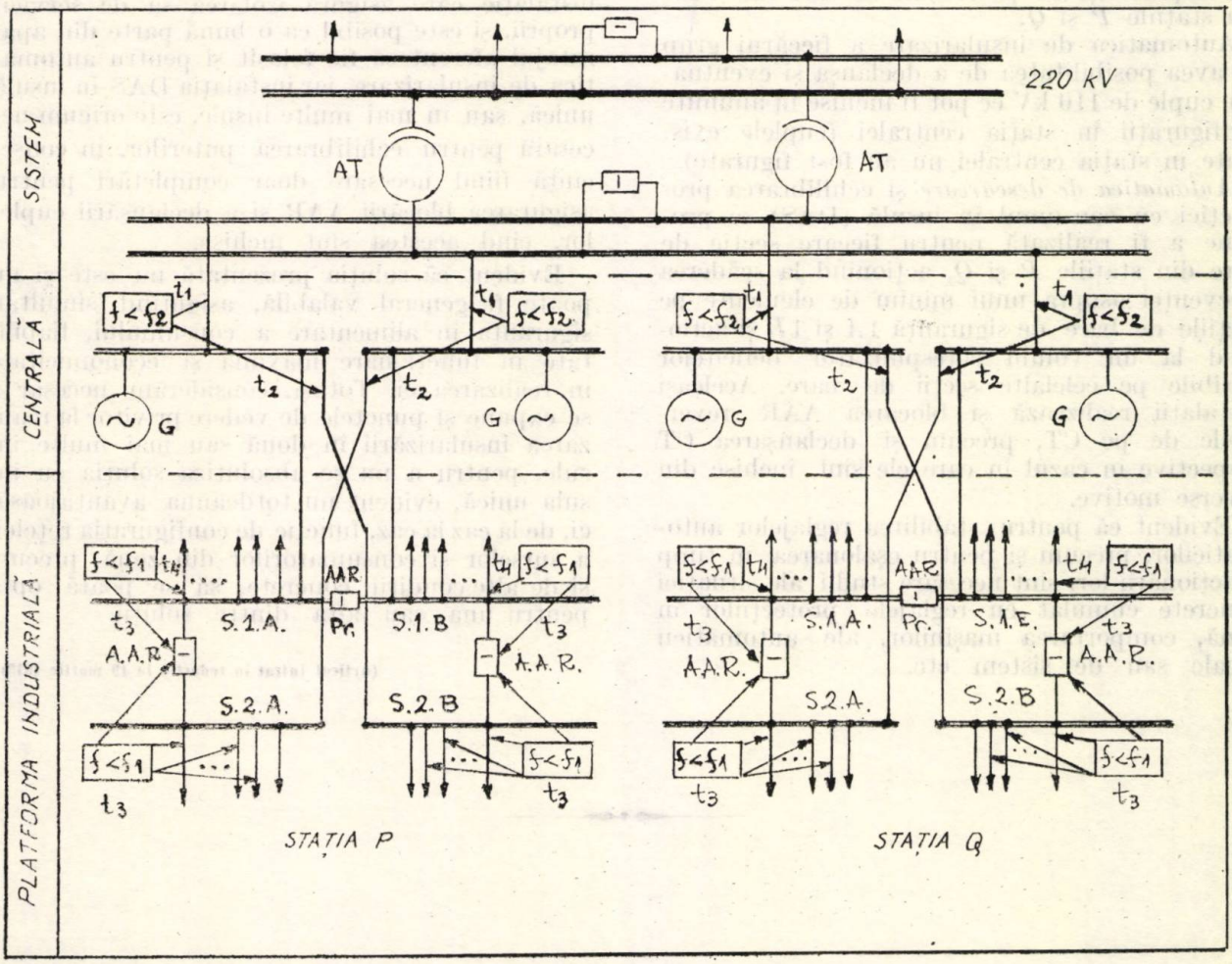


Fig. 1

avînd repartizați consumatori vitali și cei ce trebuie alimentați prioritar.

În general, consumul racordat la aceste secții de bare va fi astfel ales încît să fie cu circa 10—30 % mai mic decît al generatorului ce debitează direct pe ele, pentru a asigura șanse maxime de reușită insularizării, în caz de nevoie.

Automatica de realimentare propusă se compune din AAR reversibile obișnuite pe toate cuplele transversale din stațiile P și Q, prevăzute suplimentar cu blocaj la frecvența minimă, precum și *AAR reversibile*, numite aici

prioritare, pe cuplele longitudinale din stațiile P și Q neblocate la scăderea frecvenței și acționînd înaintea AAR obișnuite de pe CT, blocîndu-le totodată. AAR prioritare pe cuplele longitudinale au rolul de transferare a consumatorilor prioritari dintr-o insulă în alta (de aici necesitatea unui excedent de putere de 10—30%).

Automatica de insularizare, concepută pentru patru insule independente, acționează la scăderea frecvenței și comandă declanșarea întreruptorului liniei de legătură cu sistemul, în primă instanță realizînd insularizarea și, în final, în caz de nevoie, dacă frecvența nu se redresează, sacrificarea consumatorilor mai puțin importanți de pe secțiile de bare $2A$ și $2B$ din stațiile P și Q.

Automatica de insularizare a fiecărui grup va avea posibilitatea de a declanșa și eventualele cuple de 110 kV ce pot fi închise în anumite configurații în stația centralei (cuplele existente în stația centralei nu au fost figurate).

Automatica de descărcare și echilibrarea producției cu consumul în insulă (DAS) se propune a fi realizată pentru fiecare secție de bare din stațiile P și Q, acționînd la scăderea frecvenței asupra unui minim de elemente pe secțiile de bare de siguranță $1A$ și $1B$ și acționînd la un volum corespunzător deficitelor posibile pe celelalte secții de bare. Aceleași instalații realizează și blocarea AAR reversibile de pe CT, precum și declanșarea CT respective în cazul în care ele sînt închise din diverse motive.

Evident că pentru stabilirea reglajelor automaticilor, precum și pentru eșalonarea în timp a acționării lor, sînt necesare studii ale situației concrete cumulat cu reglajele protecțiilor în zonă, comportarea mașinilor, ale automaticii locale sau de sistem etc.

Concluzii

Insularizarea propusă, cu realizarea mai multor insule, prezintă, pe lîngă avantajele arătate, și un plus de elasticitate, putînd fi adaptată ușor diverselor situații ce pot să apară în exploatare, prin modificarea operativă a modului de acționare a automaticii (nu și a parametrilor de acționare, ceea ce ar fi mai laborios).

Principalul dezavantaj ce se poate invoca, privind complexitatea instalației și necesitatea unui aparataj numeros, este, în parte, numai aparent, deoarece, oricum, fiecare grup are o instalație care asigură izolarea sa de servicii proprii, și este posibil ca o bună parte din aparatajul aferent să fie folosit și pentru automatica de insularizare, iar instalația DAS în insulă unică, sau în mai multe insule, este oricum necesară pentru echilibrarea puterilor, în consecință fiind necesare doar completări pentru asigurarea blocării AAR și a declanșării cuplelor, cînd acestea sînt închise.

Evident că soluția prezentată nu este și nu poate fi general valabilă, asigurînd simultan siguranța în alimentare a consumului, fiabilitate în funcționare maximă și economicitate în realizarea ei. Totuși, considerăm necesar a se expune și punctele de vedere privitor la realizarea insularizării în două sau mai multe insule, pentru a nu se absolutiza soluția cu insula unică, evident nu totdeauna avantajoasă, ci, de la caz la caz, funcție de configurația rețelei, a surselor și consumatorilor din zonă, precum și de alte condiții concrete, să se poată opta pentru una sau alta dintre soluții.

(Articol intrat în redacție la 19 martie 1979)

Aspecte privind problema factorului de putere în rețelele electrice ce funcționează în regim deformant, cu referire la zona industrială a Municipiului Suceava*)

Ing. R. Sfichi**)

1. Considerații generale

Principalele caracteristici structurale ce definesc actualul sistem energetic al R. S. România, ca și evoluția sa în perspectivă [1], sînt:

— dezvoltarea centralelor electrice de mare putere și concentrarea lor progresivă în zonele bogate în resurse energetice primare;

— transportul la distanță al puterilor prin rețele de 400, 220 și 110 kV;

— multe trepte succesive de transformare între centrale și consumatori.

Ca urmare a acestor caracteristici structurale, consumul total de putere reactivă pe ansamblul sistemului energetic este, la vîrf de sarcină, practic egal cu consumul de putere activă.

Centralele electrice mari nu pot acoperi în totalitate acest consum reactiv, acestea fiind dimensionate pentru o producție nominală de putere reactivă mai mică decît producția de putere activă (circa 50—60%).

Depărtarea centralelor electrice de centrele de consum implică și alte consecințe nedorite, printre care:

— dificultăți în menținerea tensiunilor, în regim staționar de funcționare în bandă admisibilă (în regim normal și după avarie);

— dificultăți de menținere în limite admisibile a tensiunilor maxime cvasistaționare, ce apar în regimuri de manevră, sau la deconectarea intempestivă a liniilor în sarcină;

— creșterea pierderilor de putere activă;

— diminuarea capacității efective de transport a elementelor rețelei.

Consumul de putere reactivă se datorește atît receptoarelor electrice de la consumatori (motoare electrice, cuptoare de inducție, lămpi fluorescente etc.), cît și pierderilor de putere reactivă în linii și transformatoare de rețea.

Agravarea solicitărilor la supratensiune, care pot să apară în rețelele de foarte înaltă tensiune ce transportă puteri la un factor de putere scăzut, constituie de asemenea un motiv pentru a urmări cu atenție transportul de putere reactivă la distanță [2].

În condițiile expuse, ținînd seama de faptul că există numeroase mijloace tehnice de generare locală a puterii reactive, rezultă, de regulă, mai avantajos ca aceasta să se producă local, prin surse specializate, decît să se transporte la distanță de la centralele îndepărtate.

Pentru centre echilibrate din punct de vedere al consumului și al producției de putere activă, o compensare la vîrf de sarcină la un factor de putere cos $\varphi = 0{,}92$ este, în general, satisfăcătoare.

În cazul unor consumatori alimentați direct de pe barele unor centrale, în limita disponibilului de putere reactivă al acestora, factorul de putere poate fi mai mic. Mai mult decît atît, uneori, pentru asigurarea unor regimuri de funcționare static stabile a grupurilor din centrală, poate fi utilă o scădere importantă a factorului de putere al consumatorului.

Pentru centre deficitare, alimentate de la centrale îndepărtate din punct de vedere electric, nivelul de compensare necesar poate rezulta mai ridicat (cos $\varphi > 0{,}92$).

Întrucît consumul total de putere reactivă este constituit din consumul rețelei și din consumul propriu-zis al consumatorilor, îmbunătățirea factorului de putere trebuie să se facă atît la consumatori, cît și în rețelele furnizorului de energie electrică.

Furnizorul de energie electrică, deținătorul tuturor elementelor ce permit o diferențiere judicioasă a nivelului de compensare pe zone, își compensează propriile rețele diferențiat, după nevoi [9].

La noi în țară factorul de putere neutral a fost stabilit, din considerente tehnico-economice, la valoarea de 0,92 (Decretul nr. 685/1973), în nodul și pentru tensiunea la care se face tarifarea energiei electrice, ca valoare medie lunară, determinată din valoarea factorului reactiv (raportul energiei reactive și al energiei active consumate).

Pentru consum de energie electrică la un factor de putere sub valoarea celui neutral, consumatorul este obligat să plătească energia reactivă consumată conform prevederilor din „Regulamentul pentru furnizarea și utilizarea energiei electrice".

Marii consumatori industriali de energie electrică și similari sînt, astfel, cointeresați în reducerea consumului de putere reactivă din sistemul energetic ca urmare a politicii tarifelor de furnizare a energiei.

Reducerea consumului de putere reactivă se face, după cum se știe, fie pe cale naturală, fie prin compensare, cu ajutorul surselor specializate de putere reactivă.

Căile naturale de reducere a consumului de putere reactivă sînt: utilizarea de motoare sincrone în locul motoarelor asincrone, înlocuirea transformatoarelor și motoarelor asincrone supradimensionate, utilizarea comutatoarelor stea-triunghi la motoarele asincrone funcționînd cu sarcină mult diferită de cea nominală, utilizarea limitatoarelor de mers în gol.

*) Referat prezentat de autor la cea de-a III-a Consfătuire a energeticienilor din județele Suceava și Botoșani, iunie 1979.

**) Romulus Sfichi este inginer principal proiectant grd. I la IRE Suceava.

în scopul ridicării factorului de putere pînă la valoarea cerută, după ce au fost epuizate toate posibilităţile de ridicare a factorului de putere natural, se ia în considerare instalarea de surse specializate de putere reactivă : baterii de condensatoare-şunt şi compensatoare sincrone.

În ţara noastră problema compensării puterii reactive este reglementată atît la consumatorii de energie electrică cît şi în reţelele de distribuţie exploatate de IRE, prin instrucţiuni ale M.E.E. : PE 931/75 [1] şi, respectiv, PE 120/75 [3]. Aceste reglementări se ocupă în principal de problema compensării puterii reactive în reţele electrice ce funcţionează în regim permanent sinusoidal.

Cu privire la compensarea puterii reactive în reţelele electrice ce funcţionează în regim deformant, reglementările în cauză fac doar referiri cu caracter de recomandări. În cele ce urmează ne vom referi la compensarea puterii reactive în reţelele electrice ale consumatorilor sau în cele exploatate de IRE ce funcţionează în regim deformant.

2. Aspecte teoretice ale factorului de putere în regim deformant

Într-o reţea electrică monofazată ce funcţionează în regim permanent şi deformant [4], factorul de putere se defineşte — ca şi în regim sinusoidal — ca fiind raportul dintre puterea reală P şi puterea aparentă S :

$$k_p = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \qquad (1)$$

Deoarece

$$P < \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2},$$

rezultă

$$k_p < 1$$

Este de remarcat că factorul de putere în regim deformant este subunitar, chiar în cazul în care reţeaua de utilizare nu absoarbe putere reactivă ($Q = 0$), din cauza puterii deformante (D) ce apare în acest regim.

Factorul de putere este egal cu unitatea numai în cazul dipolilor pur rezistivi, la care, concomitent, Q şi D sînt nule.

În regim deformant, factorul de putere k_p poate fi exprimat şi ca funcţie de alţi doi factori, care evidenţiază atît caracterul reactiv al unei reţele cît şi regimul său deformant : *factorul reactiv* ρ *şi factorul deformant* τ.

$$\rho = \frac{Q}{P} = \operatorname{tg}\varphi\,; \quad \tau = D\,(P^2 + Q^2)^{-\frac{1}{2}} = \operatorname{tg}\xi \qquad (2)$$

Din (1) şi (2), prin transformări simple, rezultă :

$$k_p = [(1 + \rho^2)(1 + \tau^2)]^{-\frac{1}{2}} = \cos\varphi \cos\xi, \qquad (3)$$

în care $\cos\varphi$ se numeşte *factor de defazaj*, iar $\cos\xi$ *factor de armonici*.

Evident

$$\cos\varphi = (1 + \rho^2)^{-\frac{1}{2}}\,; \quad \cos\xi = (1 + \tau^2)^{-\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

Prin analogie cu factorul de putere ce se defineşte în regim permanent sinusoidal, se poate introduce [5], formal, un factor de putere echivalent, $\cos\varphi_e$, cu ajutorul relaţiei :

$$\cos\varphi_e = \frac{P}{UI} = \frac{\sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos\varphi_k}{\sqrt{\left(\sum_{k=0}^{\infty} U_k^2\right)\left(\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2\right)}} \qquad (5)$$

Interpretarea lui $\cos\varphi_e$ ca un factor de putere similar cu $\cos\varphi$ din regimul sinusoidal este posibilă numai în cazul în care curbele curentului şi tensiunii sînt cvasi-asemenea, deci în cazul în care $I_k = \lambda U_k$, întrucît atunci rezultă, din (5), $\cos\varphi_e = \cos\varphi$.

În timp ce puterea deformantă apare numai în cazul în care curbele tensiunii şi curentului nu sînt cvasi-asemenea, puterea reactivă (sau puterea sumă reactivă) [5] apare şi în cazul în care aceste curbe sînt cvasi-asemenea.

În aceste condiţii, puterea reactivă fictivă (sau complementară) se poate defini prin relaţiile :

$$Q_f = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{Q^2 + D^2} = UI \sin\varphi_e \qquad (6)$$

Este de remarcat că existenţa puterii deformante produce pierderi suplimentare mai mari decît în regim permanent sinusoidal, ca urmare a creşterii puterii aparente.

Creşterea relativă a puterii aparente în regim deformant, faţă de regimul sinusoidal, pentru o aceeaşi reţea este :

$$\alpha_S = \frac{S' - S}{S} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} - \sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \qquad (7)$$

Ţinînd seama de (2_2), din (7) rezultă :

$$\alpha_S = (1 + \tau^2)^{1/2} - 1 \approx \frac{\tau^2}{2}, \qquad (8)$$

deoarece $\tau^2 \ll 1$. Evident, creşterea puterii aparente datorită regimului deformant implică scăderea corespunzătoare a factorului de putere k_p, definit prin (1).

În sistem trifazat, puterea aparentă rezultantă fiind redusă prin compensarea parţială a

puterilor deformante pe cele trei faze [6], valoarea factorului de putere k_p este în general mai mare decît în sistemele monofazate componente. De asemenea, valoarea factorului deformant τ este mai redusă în sistemul trifazat rezultant decît în sistemele monofazate componente. Această particularitate a puterii deformante își găsește o aplicație deosebită în cazul redresoarelor statice, la care atît k_p cît și τ au în circuitul trifazat primar al transformatorului de alimentare valori cu totul diferite de cele din circuitele monofazate secundare conectate la redresor.

Trebuie observat și reținut însă faptul că, în calculul pierderilor în linii și în transformatoare, nu intervine factorul de putere trifazat global, ci factorul de putere individual, pe fază.

3. Îmbunătățirea factorului de putere în rețelele electrice care funcționează în regim deformant

Referindu-ne la compensarea puterii reactive la consumatorii industriali și similari cu regim deformant prin intermediul bateriilor de condensatoare-șunt, trebuie precizat [1] că acest lucru se poate realiza cu anumite precauții, în scopul evitării solicitării condensatoarelor peste limitele admisibile.

În acest sens, potrivit STAS 7083—71, suprasarcinile maxime admisibile în regim de durată la condensatoare sînt :

$$U_{max} = 1{,}1\ U_n\ ;\quad I_{max} = 1{,}3\ I_n\ ;\quad Q_{max} = 1{,}43\ Q_n, \tag{9}$$

în care U_n, I_n, Q_n sînt valorile nominale ale tensiunii, curentului și puterii bateriei.

Prezența armonicilor superioare de curent și de tensiune în rețele electrice, generate de elemente deformante de speța întîi (transformatoare și motoare cu circuite magnetice saturate, redresoare, cuptoare electrice etc.), poate avea ca efect depășirea curentului maxim admisibil în condensatoare.

Și, într-adevăr, deoarece reactanța bateriei scade cu rangul k al armonicilor, rezultă că bateria formează căi de impedanță mică pentru curenții armonicilor superioare.

Prin baterie pot rezulta astfel curenți importanți la rang superior de armonici.

Curenții armonicilor superioare se suprapun peste curentul fundamental și dau un curent eficace, care poate depăși valoarea limită admisă în condensatoare ($I_{max} = 1{,}3\ I_n$).

Pentru a evita suprasolicitarea bateriilor de condensatoare-șunt în regim deformant, este necesar să se adopte următoarele restricții mai importante :

— să nu se monteze baterii de condensatoare pe aceleași bare cu receptoare deformante (redresoare, cuptoare etc.), dacă distorsiunea armonică a tensiunii pe barele respective $\delta_U > 5\%$ [13] ;

— să se evite montarea bateriei în secundarul unui transformator, dacă aceasta poate rămîne, la un moment dat, singura sarcină a transformatorului și dacă în punctul de racord al acestuia există regim deformant [3].

Cea de-a doua restricție are în vedere evitarea riscului de apariție a fenomenului de rezonanță armonică.

Și, într-adevăr, dacă inductanța rețelei este neglijabilă în raport cu cea a transformatorului la care se racordează bateria, puterea nominală a acesteia, pentru care se va produce rezonanța pe armonica de rang k, este definită de relațiile :

$$X_C^{(k)} = X_T^{(k)} \Rightarrow LC\,k^2\,\omega^2 = 1, \tag{9}$$

care se echivalează, pentru un transformator de putere nominală S și de reactanță x %, prin relația :

$$Q_C = \frac{100\ S}{k^2\ x\%} \tag{10}$$

Prin aplicarea relației (10) se poate verifica dacă puterea bateriei existente (sau aleasă prin proiectare) este depărtată de aceea corespunzătoare condiției de rezonanță pentru armonicile 5 și 7, care au ponderea cea mai mare în rețelele electrice.

Deși armonica de rang 3 este importantă în rețelele electrice, aceasta și cele de rang multiplu de 3 nu pot circula dacă se adoptă schema bateriilor cu neutrul izolat.

În cazul în care, din măsurători și calcule, rezultă o depășire a curentului admisibil al bateriei și atunci cînd apar și condiții de rezonanță, se pot lua următoarele măsuri [1] :

— aplicarea de soluții pentru limitarea curenților armonici generați (redresoare cu un număr mare de faze, reglarea aprinderii, scheme de conectare în opoziție la transformatoarele de alimentare etc.) ;

— realizarea de filtre absorbante, acordate pe diversele armonici și plasate cît mai aproape de sursa acestora [14].

Ori de cîte ori rezultă că este necesar să se realizeze un filtru de absorbție, caracteristicile reactorului trebuie definitivate numai după măsurători în rețea (oscilografierea și analiza armonică a curbelor tensiunii și curentului).

În PE 931/1975 [1] este prevăzută utilizarea și a filtrelor de refulare pentru eliminarea diverselor armonici.

Un filtru refulant constă din conectarea în serie cu bateria de condensatoare a unui reactor în așa fel încît reactanța totală să fie capacitivă pentru 50 Hz și inductivă pentru frecvențele armonicilor canonice ($k \geqslant 5$).

Este de precizat [14] că soluţia circuitelor filtrante cu refularea curentului armonic elimină pericolul de deteriorare a echipamentului electric din reţea ca urmare a supratensiunilor la rezonanţă paralel, precum şi cel de supraîncărcare a bateriei de condensatoare prin curentul armonic.

Filtrele refulante nu contribuie însă la ameliorarea distorsiunii tensiunii în reţeaua de alimentare şi nu reduc circulaţia de curenţi armonici în sistemul electroenergetic.

De asemenea [11], prin refularea armonicilor în reţea se creează condiţii, insuficient cunoscute, de producere a unor avarii grave.

Experienţa exploatării filtrelor de refulare atestă faptul că acestea favorizează apariţia supratensiunilor la bornele bateriilor de condensatoare, care pot atinge valori importante.

Dezavantajele filtrelor de refulare fac ca, în ultimul timp, acestea să nu mai fie folosite drept mijloace de limitare a nivelelor de armonici în reţele.

Ca urmare, considerăm că recomandarea din PE 931/1975 privind utilizarea filtrelor de refulare nu mai poate fi de actualitate şi de aceea, sub acest aspect, instrucţiunile în cauză trebuie modificate.

În ultimul timp se folosesc în exclusivitate filtre de absorbţie, care au proprietatea de a proteja de efectele armonicilor atît instalaţiile industriale, cît şi reţeaua de alimentare.

Filtrele de absorbţie se realizează sub forma simplă a unor scheme constituite din reactoare şi condensatoare dispuse în ramuri rezonante serie, conectate în paralel la reţea [10], [11], [14].

În majoritatea cazurilor filtrele de absorbţie se proiectează atît pentru eliminarea armonicilor, cît şi pentru îmbunătăţirea factorului de putere.

Pentru consumatorii industriali cu receptoare deformante, care necesită o compensare de 20 MVAr, sau mai mult, este justificată tehnico-economic soluţia utilizării compensatorului sincron [2].

De asemenea, pentru consumatorii industriali ce au de compensat puteri peste 50 MVAr şi la care este necesară preluarea rapidă a unor fluctuaţii importante de sarcină reactivă, soluţia utilizînd compensatoare sincrone pentru îmbunătăţirea factorului de putere devine competitivă.

În sfîrşit, pentru compensarea puterii reactive şi reglajul tensiunii în reţeaua de transport de 220—400 kV din ţara noastră, unde se cer calităţi deosebite pentru reglaj, variaţia puterii reactive în ambele sensuri, reglaj fin şi elastic al tensiunii într-o bandă largă şi ameliorarea stabilităţii în regimuri grele, se utilizează compensatoarele sincrone.

4. Măsurători şi rezultate pe platforma industrială a Municipiului Suceava

Ca urmare a unor incidente privind defectarea unor baterii de condensatoare de la Combinatul de celuloză şi hîrtie (CCH) şi a celor montate în staţia de 110/6 kV (2 × 40 MVA) aparţinînd IRE de pe platforma industrială a Municipiului Suceava, s-a procedat la elaborarea unor studii referitoare la regimul deformant de funcţionare al unor instalaţii din această zonă [10], [15].

Într-un articol anterior [16] au fost prezentate rezultatele măsurătorilor şi ale analizei armonice pe calculator a oscilogramelor curentului şi tensiunii din staţia de conexiuni de 6 kV ce alimentează întreprinderea de utilaje şi piese de schimb (IUPS) de pe platforma industrială a Municipiului Suceava.

Coeficientul de distorsiune al tensiunii fiind de 4,1 %, potrivit [13], rezultă că deocamdată la IUPS Suceava (care posedă trei cuptoare electrice cu arc de capacitate relativ mică) n-ar fi necesară instalarea unei baterii de filtre.

În eventualitatea extinderii IUPS Suceava cu încă un cuptor electric cu arc sau a modificării valorii-limită admise a distorsiunii tensiunii dată de [13], problema oportunităţii introducerii filtrelor trebuie reanalizată.

Receptoarele deformante de la Combinatul de celuloză şi hîrtie sînt reprezentate de instalaţiile de curent continuu cu tiristoare ce acţionează maşinile de fabricat hîrtie MH_2 şi MH_3.

În staţia de conexiuni de 6 kV — 200 MVA, din cadrul CCH, pe barele căreia debitează atît generatoarele centralei proprii (CET cu 4 grupuri ce însumează 62,6 MVA), cît şi sistemul, coeficientul de distorsiune al tensiunii, rezultat din măsurători, a luat valori cuprinse între 5,7 % şi 8 %. În figura 1 este prezentată oscilograma tensiunii de 6 kV, de pe barele în cauză,

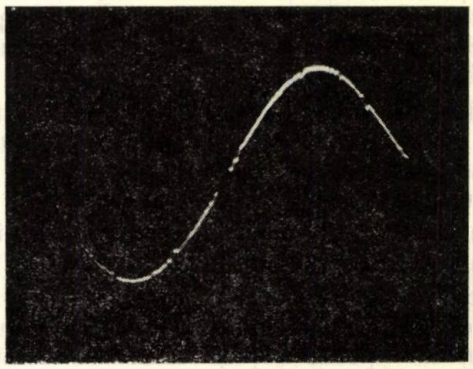


Fig. 1. Oscilograma tensiunii pe barele staţiei de distribuţie 6 kV — CCH Suceava

$\delta_U = 6{,}3\ \%$

pentru care coeficientul de distorsiune este de 6,3 %.

Valoarea ridicată a acestui coeficient se explică prin existenţa bobinelor de reactanţă

(2000 A, 10 %), care împiedică armonicile de curent să circule spre CET—CCH sau spre sistem.

În aceste condiții se impune ca obligatorie montarea cel puțin a unui filtru acordat pe armonica de rang 5, care are cea mai mare pondere [10].

Este de menționat faptul că bateria de condensatoare de 6 kV montată inițial la CCH pe barele stației de 6 kV — 200 MVA a fost scoasă din funcțiune, ca urmare a străpungerii condensatoarelor la diferite etape de funcționare. Evident, străpungerea acestor condensatoare este consecința valorii ridicate a coeficienților de distorsiune a tensiunii.

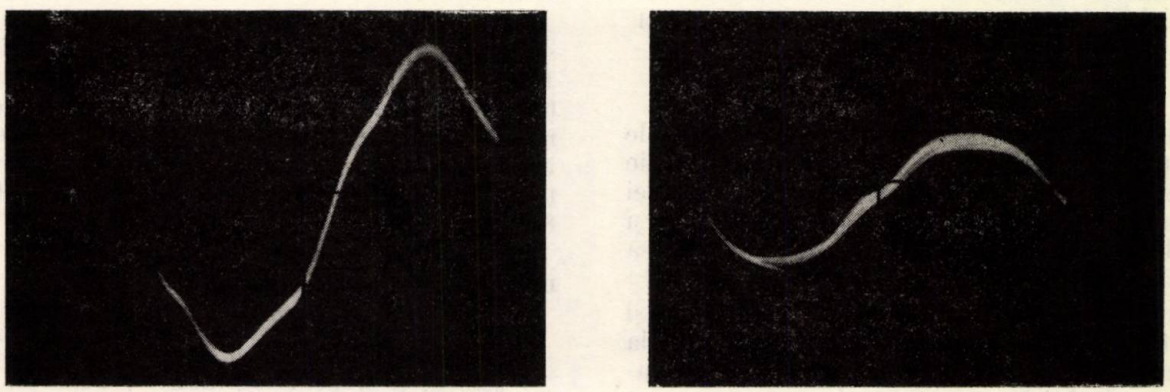
Ca urmare a acestor concluzii, IRE Suceava a recomandat CCH efectuarea unui studiu și a proiectului tehnic pe baza căruia ICPE București să poată realiza și livra instalația de filtrare.

Măsurătorile, înregistrările și rezultatele analizei armonice a curenților și tensiunilor în stația IRE Suceava din zonă, pe partea de 6 kV, au scos în evidență următoarele concluzii :

— pe cele două plecări la IUPS Suceava, coeficienții de distorsiune ai curenților iau valori de 8,4 % și, respectiv, 6,8 % (fig. 2);

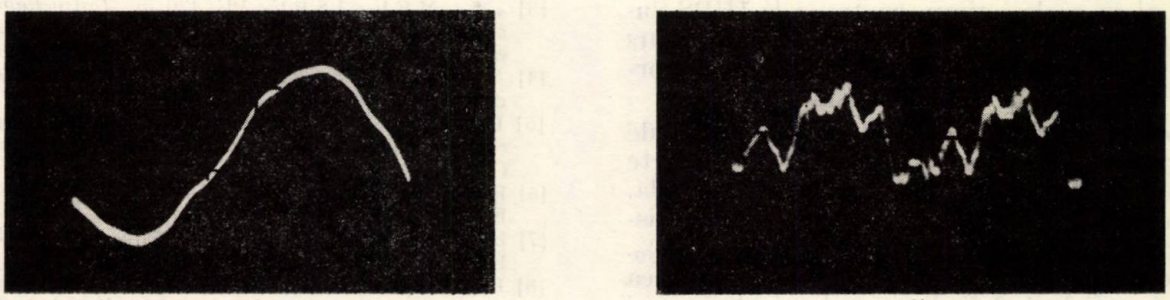
— pe cele două plecări de 6 kV la CET — CCH Suceava, coeficienții de distorsiune ai curenților iau valorile de 11,3 % și, respectiv, 49,8 % (fig. 3);

— curenții debitați de cele două transformatoare de (40 MVA, 110/6 kV) pe barele de 6 kV ale stației de transformare au coeficienții de distorsiune de 8,5 % și, respectiv, de 5,6 % (fig. 4);



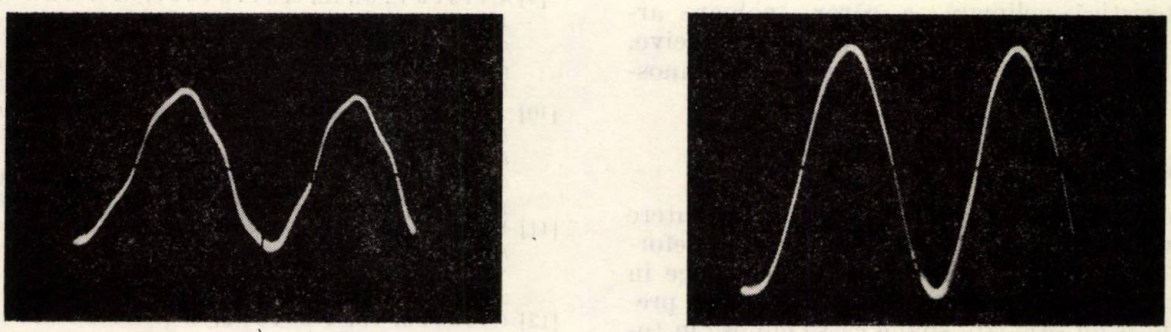
a) b)

Fig. 2. Oscilogramele curenților pe plecările de 6 kV IUPS Suceava din stația de 110/6 kV
$a - \delta_I = 8{,}4\,\%$; $b - \delta_I = 6{,}8\,\%$.



a) b)

Fig. 3. Oscilogramele curenților pe plecările de 6 kV CET — CCH Suceava din stația de 110/6 kV
$a - \delta_I = 11{,}3\,\%$; $b - \delta_I = 49{,}8\,\%$.



a) b)

Fig. 4. Oscilogramele curenților debitați pe partea de 6 kV a transformatoarelor stației de 110/6 kV
a — trafo 1, $\delta_I = 8{,}5\,\%$; b — trafo 2, $\delta_I = 5{,}6\,\%$.

— pe barele de 6 kV ale staţiei de transformare se constată că unda de tensiune este aproape sinusoidală, fiind preponderentă totuşi armonica de rang 2 (3%), iar coeficientul de distorsiune este de 4,7 % (fig. 5).

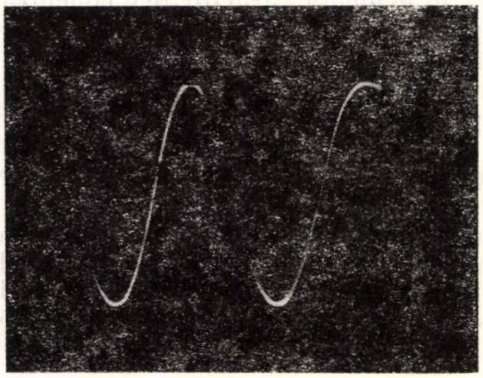


Fig. 5. Oscilograma tensiunii pe barele de 6 kV ale staţiei de 110/6 kV
$\delta_U = 4{,}7$ %

Existenţa unor distorsiuni relativ mari ale curenţilor pe barele de 6 kV din această staţie explică deteriorarea condensatoarelor bateriei montată de către IRE Suceava pe aceste bare şi faptul că această baterie a trebuit să fie scoasă din funcţiune.

Circulaţia curenţilor armonici pe aceleaşi bare face imposibilă şi realizarea acordului la rezonanţă al bobinelor de stingere pentru tratarea neutrului în aceeaşi staţie.

Cele prezentate dovedesc necesitatea imperioasă a montării bateriei de filtre la CCH Suceava şi în acelaşi timp, poate, şi la IUPS Suceava, dacă normativul PE 124/78 [13], în curs de revizuire, va limita coeficientul de distorsiune armonică a tensiunii sub 5%.

Problema valorii-limită a coeficientului de distorsiune armonică al tensiunii este foarte controversată în electroenergetica mondială. Cele mai multe ţări limitează coeficientul de distorsiune al tensiunii la valori de 1...3 %. Este de aşteptat ca şi în ţara noastră mărimea acestui coeficient să fie limitată la o valoare mai mică de 5%, avînd în vedere proliferarea în sistemul electroenergetic a consumatorilor cu caracteristică neliniară, a căror „poluare armonică" are o multitudine de efecte nocive, unele din acestea nefiind încă pe deplin cunoscute.

Concluzii

Problema îmbunătăţirii factorului de putere în instalaţiile ce funcţionează în regim deformant nu este nouă, dar rezolvarea ei aduce în discuţie aspecte noi. Aceasta deoarece, în prezent, încă nu se poate spune că se cunosc în totalitate efectele distorsiunilor armonice asupra ansamblului utilizărilor dintr-un sistem electroenergetic sub toate aspectele, tehnice şi economice.

Unul dintre aceste aspecte, abordat în articolul de faţă, îl constituie problema filtrelor de refulare, care, datorită dezavantajelor pe care le prezintă, nu se mai folosesc şi ca urmare trebuie excluse din recomandările PE 931/1975 [1].

Un alt aspect îl reprezintă problema valorii-limită admise a distorsiunii armonice a tensiunii.

Studiile cu privire la regimul deformant al reţelelor electrice de pe platforma industrială a Municipiului Suceava [11], [15] dovedesc că bateriile de condensatoare se pot defecta şi pentru $\delta_U < 5\%$. Acest fapt constituie un argument practic în favoarea ideii de micşorare a valorii-limită admise a distorsiunii armonice a tensiunii faţă de cea dată în PE 124/1978 [13].

În sfîrşit, acordul la rezonanţă al bobinelor de stingere pentru tratarea neutrului în staţia de 110/6 kV nu este posibil în condiţiile existenţei unui volum important de armonici în conţinutul curentului de punere la pămînt. Aceasta implică şi mai mult necesitatea unei baterii de filtre acordate pe armonica de rang 5 la CCH Suceava.

Bibliografie

[1] * * * M.E.E.—I.S.P.E. PE 931/1975. *Instrucţiuni privind compensarea puterii reactive la consumatorii industriali şi similari.* ICEMENERG, Bucureşti, 1975.

[2] Albert, H. ş.a. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale.* Editura tehnică, Bucureşti, 1978.

[3] * * * M.E.E.—I.S.P.E. PE 120/75. *Instrucţiuni privind compensarea puterii reactive în reţelele de distribuţie exploatate de IRE.* ICEMENERG, Bucureşti, 1975.

[4] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii*, vol. 2. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1974.

[5] Puşcaşu, Ş. şi Marcovici, J. *Mărimi şi regimuri electrice nesinusoidale.* Editura Scrisul Românesc, Craiova, 1974.

[6] Petrescu, Gh. *Factorul de putere în reţelele electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1957.

[7] Bercovici, M. ş.a. *Reţele electrice. Calculul electric.* Editura tehnică, Bucureşti, 1974.

[8] Leon, M. *Studiu privind influenţa regimului deformant asupra măsurării puterii şi energiei active şi reactive în reţelele electrice.* Contract nr. 403/77. Institutul politehnic Bucureşti — CIRE Bucureşti.

[9] Cristovici, A., Marinescu, D. şi Manea, Gh. *Efectele economice ale compensării puterii reactive. Determinarea amplasamentului şi puterii optime a bateriilor de condensatoare în reţelele IRE, corelat cu compensarea la consumatori.* În: Energetica, 26, nr. 10, 1978.

[10] * * * *Studiul regimului deformant al instalaţiilor electrice şi proiectul tehnic al filtrelor de absorbţie a armonicilor la unele întreprinderi de pe platforma industrială a Municipiului Suceava.* Contract de cercetare, Institutul politehnic Iaşi — IRE Suceava, nr. 25948/1976.

[11] Savin, Gh. şi Rosman, H. *Surse de armonici în reţelele de transport şi distribuţie. Efecte şi combaterea lor.* Sesiunea tehnico-ştiinţifică, Institutul politehnic Iaşi, 27—29 octombrie 1978.

[12] Cristea, H., Fecioru, I. şi Armencoiu, A. *Indicatori privind efectele comportării consumatorilor industriali asupra regimului de compensare în nodurile reţelei.* În: Energetica 27, nr. 1—2, 1979.

[13] * * * M.E.E. — I.S.P.E. PE 124/78. *Normativ privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali și similari.* ICEMENERG, București, 1978.

[14] Ionescu, Al. *Combaterea efectului deformant al redresoarelor și cuptoarelor electrice cu arc în rețelele de distribuție.* I.D.T., București, 1969.

[15] Sfichi, R. *Studiul regimului deformant de funcționare a instalațiilor electrice cu referire la zona industrială a Municipiului Suceava.* Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ISPE — ISPH, București, 17 — 18 mai 1979.

[16] Sfichi, R. *Unele aspecte privind îmbunătățirea regimului electric de lucru al unui cuptor cu arc.* În: Energetica, 27, nr. 9, 1979.

(Articol intrat în redacție la 12 iunie 1979)

Reanclanșarea automată a liniilor racordate la stații cu scheme poligonale

Ing. **L. Hajos***)

Cea mai frecvent utilizată automatizare de rețea și care acționează în strînsă legătură cu dispozitivele de protecție prin relee o constituie reanclanșarea automată rapidă (RAR).

Dispozitivul de RAR constă dintr-o instalație complexă care realizează reanclanșarea automată a unui întreruptor declanșat, după un timp de la această declanșare, timp care de regulă nu trebuie să depășească în măsură însemnată intervalul necesar pentru a se asigura, prin întreruperea tensiunii, stingerea arcului electric produs la locul defectului [1].

Dispozitivele de RAR influențează, la rîndul lor, soluțiile alese pentru protecția liniilor atît în ceea ce privește schemele folosite, cît și reglajele, între protecții și schemele de reanclanșare există (mai ales în rețelele de înaltă și foarte înaltă tensiune) o strînsă interdependență. Un exemplu de ameliorare a performanțelor protecțiilor prin interacționarea acestora cu dispozitivele de RAR îl constituie „prelungirea treptei rapide a protecției de distanță" înainte sau după reanclanșare.

Dispozitivele de RAR trebuie să îndeplinească o serie de condiții pentru a se asigura o funcționare a ansamblului protecție — dispozitiv de reanclanșare — întreruptor, cu performanțe cît mai ridicate, și anume:

— reanclanșarea trebuie să se producă la declanșarea întreruptorului provocată de protecție și să nu se producă la deconectarea manuală a acestuia, sau cînd declanșarea prin protecție urmează imediat după o comandă de anclanșare;

— dispozitivul trebuie să permită blocarea reanclanșării cînd declanșarea este provocată de anumite protecții (de exemplu protecția diferențială de bare);

— dispozitivul trebuie să poată fi folosit cu orice tip de întreruptor și cu orice tip de protecție și eventualele defecțiuni apărute în dispozitiv sau scoaterea sa din funcțiune nu trebuie să împiedice funcționarea corectă a protecției;

— schema trebuie să permită prelungirea treptei rapide a protecției de distanță și alegerea regimului de reanclanșare monofazată sau trifazată;

— comanda de anclanșare dată prin dispozitiv trebuie să aibă o durată suficientă pentru a se asigura anclanșarea întreruptorului;

— în cazul extinderii defectului sau apariției unui nou defect în pauza de RAR trebuie să se producă declanșarea trifazică definitivă;

— dispozitivul trebuie să permită realizarea unei singure reanclanșări și să revină automat în starea în care este pregătit de acționare, după o perioadă de timp în care nu se mai poate produce nici o reanclanșare.

În afara acestor condiții cu caracter general, trebuie menționate și unele particularități importante ale diferitelor soluții de RAR folosite. Astfel, unele probleme speciale le ridică utilizarea RAR la întreruptoarele cu aer comprimat (întreruptoarele folosite la tensiunile de 220 și 400 kV). Astfel, la întreruptoare cu aer comprimat, în schemele de RAR este prevăzută blocarea acționării dispozitivului la scăderea presiunii aerului comprimat sub o anumită valoare [1].

Schema stațiilor poligonale se aseamănă funcțional cu schema cu două întreruptoare pe circuit și, conform [2] și [3], se utilizează cel mai frecvent la tensiuni foarte înalte, de 220 și 400 kV, sub formă de triunghi sau patrulater. În cele ce urmează se va studia cazul unei stații de 220 kV patrulater la care sînt racordate două linii și două autotransformatoare (fig. 1 *a* și 1 *b*).

Liniile $1L$ și $2L$ sînt echipate, din punct de vedere al protecției prin relee, cu:

— protecție de distanță ca protecție de bază;

— protecție homopolară ca protecție de rezervă.

Orice defect apărut pe oricare dintre linii este deconectat de protecțiile prin relee respective, prin declanșarea întreruptoarelor 1A012 și 1A014 la scurtcircuit pe linia $1L$, respectiv 1A012 și 1A032 (fig. 1*a*) sau 1A032 și 1A034 (fig. 1*b*) la scurtcircuite pe linia $2L$.

Dispozitivul de RAR montat pe linie va trebui, ținînd seama de condițiile de mai sus, să asigure reanclanșarea automată a celor două întreruptoare declanșate prin protecție.

*) Ladislau Hajos este inginer proiectant principal la ISPE.

Reanclanşarea automată rapidă a liniilor racordate la staţii cu scheme poligonale se poate realiza astfel :

a) utilizînd un singur dispozitiv de RAR pentru fiecare linie şi comandînd cu acesta reanclanşarea automată a ambelor întreruptoare

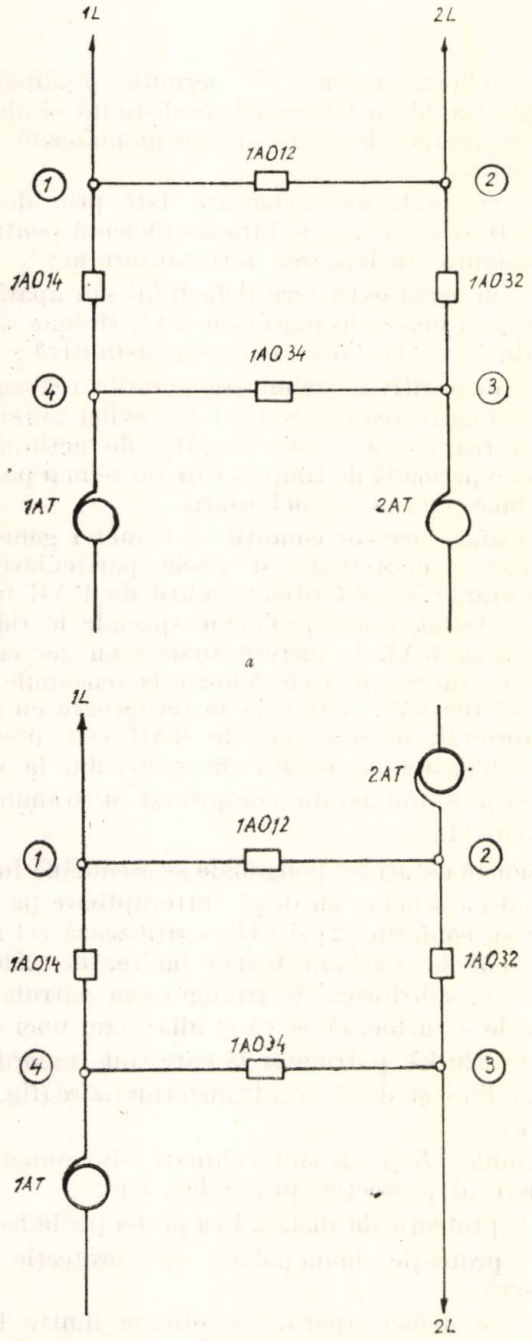


Fig. 1

prin care este conectată linia. Această schemă complică extrem de mult circuitele secundare, deoarece trebuie aduse la un singur releu de reanclanşare comenzi, controale şi blocaje de la două întreruptoare, neputîndu-se realiza astfel o reanclanşare automată sigură a liniei. Spre exemplu, în cazul în care dispozitivul de RAR este blocat prin scăderea presiunii aerului comprimat la unul din întreruptoare, nici cel de-al doilea întreruptor nu va putea fi reanclanşat.

b) utilizînd un singur dispozitiv de RAR pentru fiecare linie şi comandînd cu acesta reanclanşarea automată a unui singur întreruptor, cel de-al doilea întreruptor reanclanşîndu-se manual. Această soluţie este mai sigură şi mai simplu de realizat decît cea anterioară, dar are inconvenientul, pe de o parte, de a nu putea asigura automatizarea completă a schemei, îngreunînd astfel exploatarea staţiei, iar pe de altă parte neeliminînd toate deficienţele prezentate la pct. a). Spre exemplu, în cazul unui scurtcircuit pasager monofazat pe linia $1L$, comutatorul de alegere a întreruptorului ce urmează să fie reanclanşat automat fiind pe poziţia 1A012, acesta va fi reanclanşat prin dispozitivul de RAR, iar ulterior şi întreruptorul 1A014 va fi reanclanşat manual, sincronismul păstrîndu-se între nodurile 1 şi 4 prin laturile 1 —2 —3 —4. Dacă, însă, schema este blocată prin scăderea presiunii aerului comprimat la întreruptorul 1A012, ambele întreruptoare vor fi deconectate definitiv ;

c) utilizînd un dispozitiv de RAR pentru fiecare întreruptor din staţie care urmează să fie reanclanşat automat. Această variantă asigură o reanclanşare automată sigură şi simplu de realizat, eliminînd toate inconvenientele variantelor precedente, prin faptul că blocajele, controalele şi comenzile aferente fiecărui întreruptor se asigură local la fiecare dispozitiv.

În funcţie de repartiţia circuitelor primare în staţie, se disting două variante de staţii, prezentate în figurile 1*a* şi 1*b*.

Pentru staţia din figura 1*a* sînt necesare dispozitive de RAR pentru întreruptoarele 1A012, 1A014 şi 1A032 ; întreruptorul 1A034, comandat de protecţiile autotransformatoarelor $1AT$ şi $2AT$, va fi declanşat definitiv de aceste protecţii prin relee. După cum se poate constata, întreruptorul 1A012 va fi comandat atît de protecţia liniei $1L$ cît şi de protecţia liniei $2L$. Dispozitivul de reanclanşare automată aferent acestui întreruptor va comanda anclanşarea lui atît la defecte pe linia $1L$ cît şi la defecte pe linia $2L$. Pentru staţiile din figura 1*b* sînt necesare dispozitive de reanclanşare pentru toate întreruptoarele.

Pentru a se indica modul de realizare a reanclanşării automate a liniilor racordate la staţii cu scheme poligonale, conform celor de mai sus, s-a considerat dispozitivul de RAR tip RAR1MT fabricat de ICEMENERG. Acest dipozitiv poate asigura programul :

M — declanşarea monofazică urmată de reanclanşare la scurtcircuite monofazice ; declanşarea trifazică definitivă la scurtcircuite poli-

fazice sau la scurtcircuite monofazice evolutive în pauza de RAR ;

$M + T$ — declanşarea monofazică urmată de reanclanşare la scurtcircuite monofazice, declanşare trifazică la scurtcircuite polifazice sau scurtcircuite monofazice evolutive în pauza de RAR urmate de reanclanşare la defecte trifazice ;

T — declanşarea trifazică urmată de reanclanşare la scurtcircuite trifazice pentru toate tipurile de defecte,

cu îndeplinirea condiţiilor prezentate mai sus.

În cazul unui scurtcircuit pe linie demarează protecţia de distanţă, care va comanda acţionarea releelor de demaraj din dispozitivul de RAR. La apariţia impulsului de declanşare de la protecţie, în cazul reanclanşării monofazice se selectează faza defectă pentru a fi deconectată, iar în cazul reanclanşării trifazice se produce declanşarea trifazică a întreruptorului. La dispariţia impulsului de declanşare, începe măsurarea pauzei de RAR (la reanclanşarea trifazică numai dacă sînt indeplinite condiţiile de sincronism). După scurgerea pauzei de RAR are loc anclanşarea automată a întreruptorului [4].

Schema propusă, de realizare a reanclanşării automate rapide utilizînd un dispozitiv de RAR aferent fiecărui întreruptor ce urmează să fie reanclanşat, ridică unele probleme specifice, şi anume :

— în cazul staţiilor de tipul celor din figura 1*a*, un dispozitiv de RAR (respectiv cel aferent întreruptorului 1A012) va fi comandat de protecţiile ambelor linii (1*L* şi 2*L*). Aceasta nu are nici o implicaţie asupra schemei de reanclanşare deoarece blocajele aferente întreruptorului, blocările schemei de la alte protecţii sau de la comenzi manuale, anclanşarea şi declanşările sînt date separat. De la protecţiile liniilor se vor folosi contacte separate pentru fiecare releu de RAR, evitîndu-se astfel crearea unor circuite false ;

— prin cuplarea releului de RAR aferent întreruptorului 1A012 atît la protecţia liniei 1*L*, cît şi la protecţia liniei 2*L* (în cazul staţiilor din figura 1*a*), se realizează demararea tuturor releelor de RAR la defect pe oricare dintre linii. Acesta este un inconvenient care poate fi eliminat utilizînd două rînduri distincte de contacte de demaraj de la protecţia de distanţă (fig. 2). În cazul în care nu se dispune de două rînduri distincte de contacte de demaraj la releele de distanţă, schema poate fi folosită deoarece dispozitivul de RAR nu va acţiona decît după primirea comenzii de declanşare ;

— controlul sincronismului sau al lipsei de tensiune se va realiza conform schemelor uzuale folosite la liniile de 220 kV şi 400 kV, la staţiile de tipul celor din figura 1*b*. În cazul reanclanşării automate a întreruptorului 1A012 (fig. 1*a*) controlul se va realiza conform figurii 3.

Soluţia propusă (dispozitive de RAR aferente fiecărui întreruptor ce urmează a fi reanclanşat automat) este mai scumpă, fiind necesare trei sau patru relee (în funcţie de schema

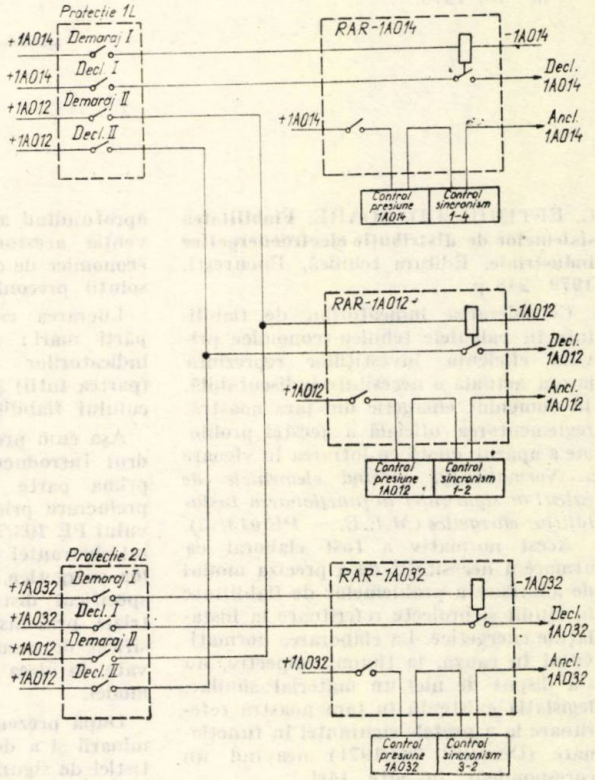


Fig. 2

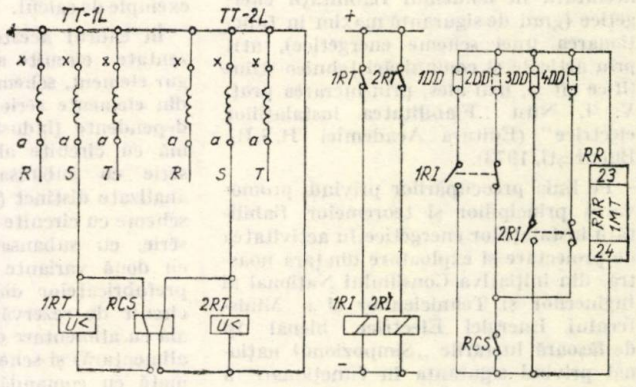


Fig. 3

TT — transformator de tensiune; *RT* — releu de tensiune; *RCS* — releu pentru controlul sincronismului; *RI* — releu intermediar; *DD* — dispozitiv de deconectare; *RR* — releu de reanclanşare.

primară), faţă de numai două relee necesare în schemele realizate conform variantelor *a* şi *b*. Ţinînd însă seama de avantajele arătate în ceea ce priveşte automatizarea schemei, uşurarea exploatării staţiei şi eliminarea inconvenientelor celorlalte scheme, precum şi de faptul că la o staţie cu bare colectoare cu acelaşi număr de celule (inclusiv o cuplă) sînt necesare tot trei dispozitive, soluţia prezentată este avantajoasă.

Bibliografie

[1] B a d e a, I. ş. a. *Protecţia prin relee şi automatizarea sistemelor electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1973.

[2] H a j o s, L. *Unele consideraţii asupra protecţiei prin relee a staţiilor cu scheme poligonale.* În: Energetica 26. nr. 10, 1978.

[3] N i t u, V. I.. ş. a. *Instalaţiile electrice ale centralelor şi staţiilor.* Editura tehnică, Bucureşti, 1973.

[4] *** *Dispozitiv de reanclanşare automată rapidă RARIMT.* ICEMENERG.

(Articol intrat în redacţie la 12 iunie 1979)

RECENZII

C. EFTIMIE şi D. SOARE. **Fiabilitatea sistemelor de distribuţie electroenergetice industriale.** Editura tehnică, Bucureşti, 1979, 248 p.

Considerarea indicatorilor de fiabilitate în calculele tehnico-economice privind eficienţa investiţiilor reprezintă la ora actuală o necesitate indiscutabilă. În domeniul energetic din ţara noastră, reglementarea oficială a acestei probleme a apărut odată cu intrarea în vigoare a *Normativului privind elementele de calcul al siguranţei în funcţionarea instalaţiilor energetice* (*M.E.E. — PE 013/73*).

Acest normativ a fost elaborat ca urmare a necesităţii de a preciza modul de abordare a problemelor de fiabilitate în studii şi proiecte referitoare la instalaţiile energetice. La elaborarea normativului în cauză, la timpul respectiv, nu s-a dispus de nici un material similar, legislaţia existentă în ţara noastră referitoare la aspectele siguranţei în funcţionare (Decretul 304/1971) neavînd un corespondent în alte ţări.

Înainte însă de 1973, şi mai ales după aceea, în ţara noastră a apărut o amplă literatură în domeniul fiabilităţii energetice (grad de siguranţă maxim în funcţionarea unei scheme energetice), atît prin articole şi comunicări tehnico-ştiinţifice cît şi, mai ales, prin lucrarea prof. V. I. Nitu „Fiabilitatea instalaţiilor electrice" (Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1973).

Pe linia preocupărilor privind promovarea principiilor şi teoremelor fiabilităţii instalaţiilor energetice în activitatea de proiectare şi exploatare din ţara noastră, din iniţiativa Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor şi a Ministerului Energiei Electrice, bienal îşi desfăşoară lucrările „Simpozionul naţional privind siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice".

Aflat deja la a V-a sa ediţie, acest simpozion a devenit o tradiţie în rîndul specialiştilor din domeniul energeticii din ţara noastră, oferind de la o etapă la alta analize retrospective, afirmări prezente momentului respectiv şi jalonări ale sarcinilor în acest domeniu pentru următoarele etape.

În contextul acestor preocupări se înscrie şi cartea inginerilor C. Eftimie şi D. Soare „Fiabilitatea sistemelor de distribuţie electroenergetice industriale".

Lucrarea abordează metodele practice de determinare a indicatorilor numerici de fiabilitate a instalaţiilor electroenergetice de distribuţie industrială, aprofundînd aspectele legate de intervenţia acestor indicator iin calculele economice de comparare a variantelor de soluţii preconizate.

Lucrarea este structurată pe două părţi mari: metodologia determinării indicatorilor numerici de fiabilitate (partea întîi) şi bazele teoretice ale calculului fiabilităţii (partea a doua).

Aşa cum precizează şi autorii în cadrul introducerii la cartea recenzată, prima parte a acesteia constituie o prelucrare prin simplificare a normativului PE 103/73 al M.E.E. privind calculul siguranţei în funcţionarea instalaţiilor energetice, completat şi adaptat la specificul distribuţiilor electrice industriale, prin inserarea unui număr diversificat de exemple reale de calcul rezolvate, în ideea didactică a lucrului după model.

După prezentarea unor noţiuni preliminarii şi a definiţiilor (parametrii statistici de siguranţă, stările unei scheme, indicatorii numerici de fiabilitate, informaţii necesare pentru calcul), se trece la prezentarea unor scheme elementare şi exemple de calcul.

În cadrul acestor exemple sînt prezentate: circuite alcătuite dintr-un singur element, schemă cu circuite alcătuite din elemente serie cu subansambluri independente (industria alimentară), schemă cu circuite alcătuite din elemente serie cu subansambluri independente, analizate distinct (industria siderurgică), scheme cu circuite alcătuite din elemente serie, cu subansambluri independente, cu două variante de soluţie (industria prefabricatelor din beton), schemă cu circuit de rezervă, distribuţie industrială cu alimentare de siguranţă (industria alimentară) şi schema de comandă automată cu comandă manuală în rezervă (industria metalurgică).

Ultimul capitol al primei părţi al lucrării este şi cel ce ocupă ponderea cea mai mare şi se referă la schemele complexe de distribuţie a energiei electrice în marile unităţi industriale, cu două variante de soluţie (industria lianţilor) conţinînd exemple de calcul expuse metodic.

În cadrul acestui capitol sînt prezentate şi analizate următoarele probleme: distribuţie radială compartimentată pe linii de fabricaţie (varianta 1), distribuţie radială compartimentată pe fluxuri tehnologice intercondiţionate (varianta 2), ipoteze de calcul şi comentarii, eficienţa economică.

Partea a doua a cărţii conţine justificarea teoretică a metodei şi procedeelo folosite în exemplele de calcul din prim parte.

Această parte este alcătuită din cinci capitole, numerotate în continuarea primelor patru ale primei părţi a cărţii.

În primul capitol al celei de-a doua părţi sînt prezentate noţiunile teoretice fundamentale ale bazelor teoretice privind calculul fiabilităţii: mulţimi, operaţii logice, evenimente considerate ca mulţimi, operaţii cu evenimente.

În cel de-al doilea capitol sînt prezentate probabilităţile: definiţii, măsura şansei stărilor, probabilităţi condiţionate, măsura dependenţei dintre două stări, legea numerelor mari, algebra evenimentelor.

Al treilea capitol se ocupă de variabilele aleatorii: repartiţie, funcţie şi densitate de repartiţie, caracteristici numerice.

În al patrulea capitol se prezintă bazele teoretice ale calculului fiabilităţii aplicate în domeniul de care se ocupă lucrarea: modele probabilistice utilizînd lanţuri Markov, fiabilitatea unui element al schemei, fiabilitatea schemei.

În ultimul capitol este abordat calculul economic de optimizare a soluţiilor privind sistemele de distribuţie electroenergetice industriale: legătura dintre fiabilitate şi eficienţă economică, indicatorul economic de eficienţă economică, analiza structurii termenilor, echivalenţe şi criterii de simplificare.

Acest capitol constituie o prelucrare, adecvată domeniului abordat de carte, a prescripţiei PE 011/75 şi a instrucţiunii I 129/61 în baza prevederilor PE 124/78.

Trecerea sumară în revistă a conţinutului cărţii evidenţiază faptul că aceasta a fost elaborată pentru un cerc larg de cititori, care activează în domeniul electroenergeticii industriale, nivelul ei permiţînd accesul cadrelor de pregătire medie la noile aspecte ale problemelor de fiabilitate.

Caracterul practic şi aplicativ al cărţii, mai ales al primei părţi al acesteia, dă posibilitate cititorilor ca, pe baza exemplelor de calcul prezentate de autori, să poată încadra cu uşurinţă cazuri asemănătoare pe care le vor avea de rezolvat, oricare ar fi specificul industriei în domeniul căreia îşi desfăşoară activitatea.

Fundamentarea teoretică a exemplelor de calcul prezentate în prima parte este abordată în cea de-a doua parte a lucrării, astfel încît eventualele reţine

ale cititorilor ce dispun de o pregătire teoretică superioară să fie înlăturate.

Cartea este scrisă cu permanentă grijă pentru cititorul care trebuie să aplice practic teoria fiabilității instalațiilor electroenergetice industriale, din acest punct de vedere trebuind a fi subliniat meritul autorilor în legătură cu elaborarea unor procedee de calcul simplificate, în cea mai mare parte originale. Autorii, prin exemplele de calcul prezentate, dovedesc că prin utilizarea unor astfel de procedee, lucrurile se simplifică iar numărul de ecuații ale sistemelor ce, trebuie soluționate se reduce simțitor. Ca urmare, cu procedeele simplificate prezentate de autori, calculele se pot efectua cu o mare rapiditate satisfăcînd astfel cerințele de operativitate reclamate de practica proiectării.

Aportul calculatorului electronic este astfel restrîns numai la cazurile complexe pentru care calculele prin procedee simplificate constituie doar elemente preliminarii și orientative.

Prin modul de abordare și organizare a tematicii lucrării, prin felul original de prezentare a materialului, cartea este deosebit de utilă pentru o gamă largă de cititori care activează în domeniul electroenergeticii: ingineri, economiști, tehnicieni, subingineri etc. Ea se adresează de asemenea, în egală măsură, elevilor și studenților care se pregătesc în domeniul electroenergeticii industriale.

În încheiere trebuie subliniată, credem, preocuparea Editurii tehnice pentru publicarea unor asemenea lucrări menite să contribuie la o largă răspîndire în scopuri direct aplicative a unor activități tehnico-științifice cu eficiență economică ridicată.

Ing. **Romulus Sfichi**

„Revista ENERGETICA"—organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sector 3. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamente pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R.—Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10264/1979

I. P. I. c 1624

41 401

Abonaţi-vă la Revista ENERGETICA!

CERERE DE ABONAMENT PERSONAL LA REVISTA „ENERGETICA"

Subsemnatul ..... din. întrepr .....
solicit un abonament pe anul 1980 la revista „Energetica", care va fi expediat pe numele subsemnatului, la adresa: localitatea ..... str .....
nr. ..... bl ..... sc .... et ....ap. .... sect..... cod ..... judeţ .....

C/v abonamentului (30 lei) am achitat-o în contul 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti, ICEMENERG, prin m.p.nr. ..... din .....sau la casieria ICEMENERG cu chit. nr.....din .....

Orice schimbare a adresei de mai sus o voi comunica în timp util.

Data..... Semnătura .....

CERERE DE ABONAMENT PENTRU INTREPRINDERE LA REVISTA „ENERGETICA"

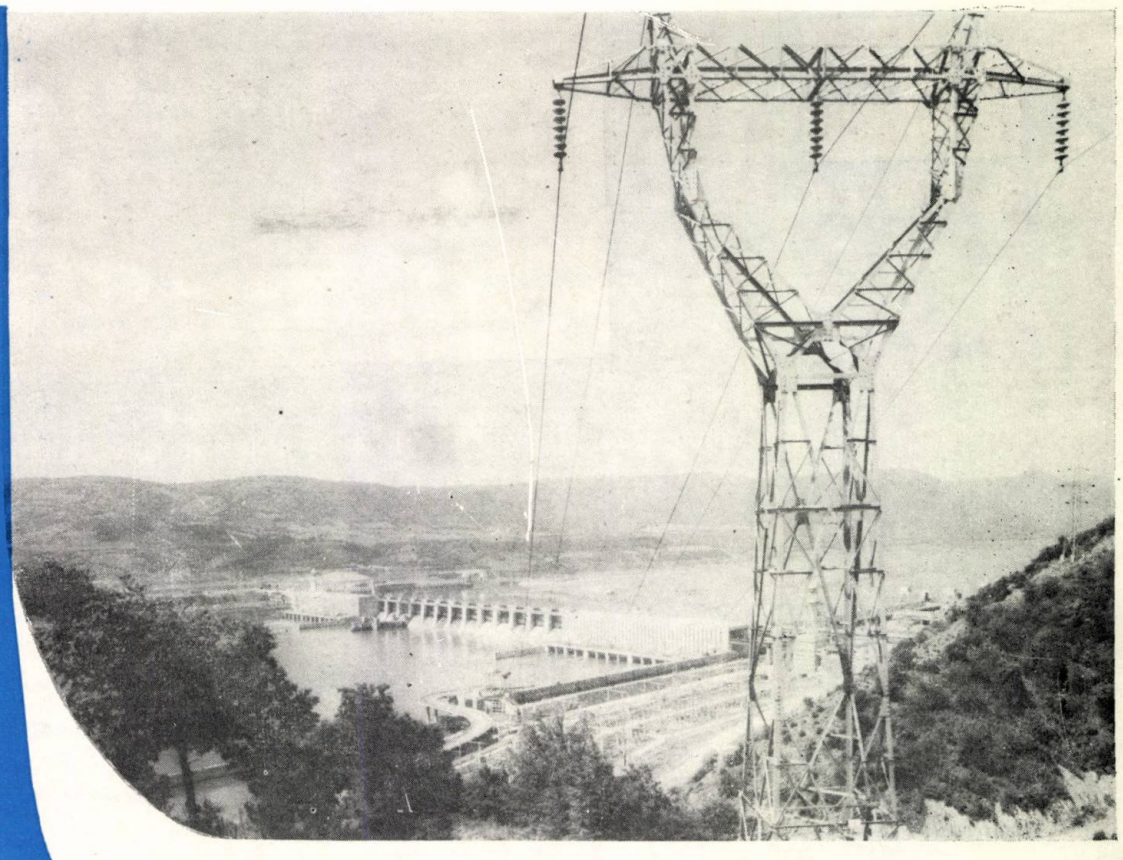
Intrepr. ..... din .....
str ..... nr..... sect..... cod. ..... jud .....
solicită un abonament pe anul 1980 la revista „Energetica".

C/v abonamentului (100 lei) s-a achitat cu m.p.nr. ..... din .....
către ICEMENERG cont. 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti

DIRECTOR, ... CONTABIL ŞEF, ... Data .....

INSTITUTUL DE STUDII SI PROIECTARI HIDROENERGETICE

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest, Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r

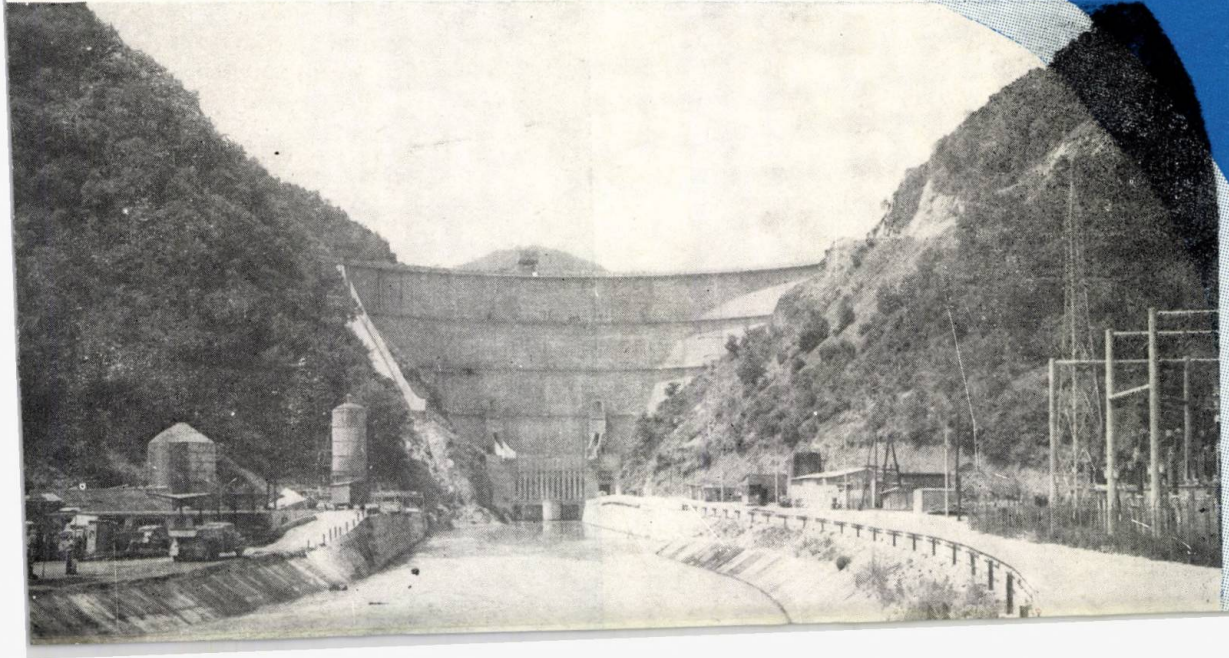


I. S. P. H. Designing Institute with complex profile offers :

. River basin development studies :
- hydroelectric developments ;
- multipurpose hydraulic developments ;
- special hydraulic structures .

. Special activities :
- hydrological and hydro-geological studies ;
- engineering-geological investigations ;
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations ;
- topographical surveys and mapping

. Special services :
- preliminary studies and designs ;
- feasibility studies ;
- final designs ;
- detailed construction drawing
- tender documents and contract
- inspection and supervision ;
- expert's reports



ROMENERGO

ROMANIA

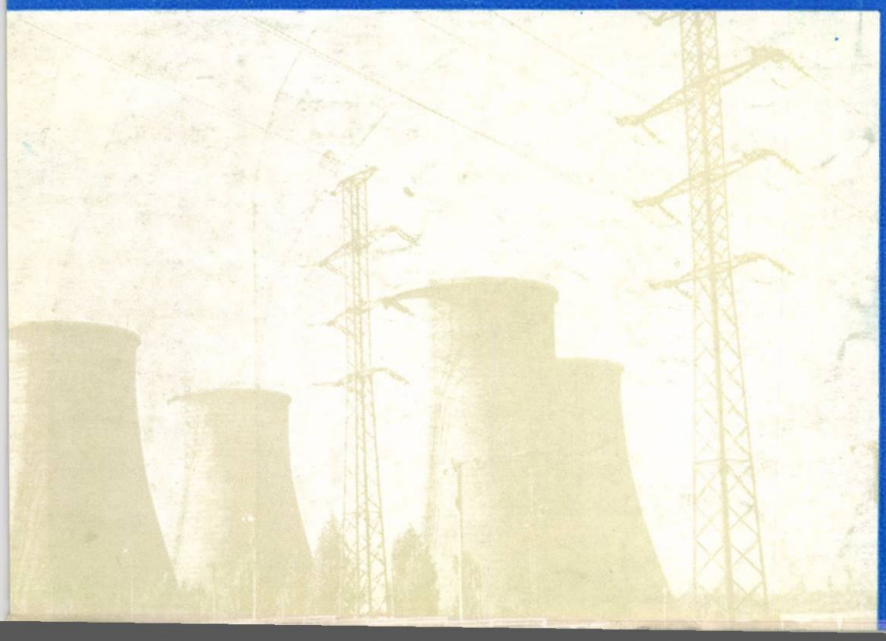
1980 JUN 2

ROMENERGO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning; the services are performed by the specialized units :

ISPE	- The Power Study and Design Institute:
ISPH	- The Hydropower Study and Design Institute ;
TCH	- The Hydropower Construction Trust;
TEC	- The Energoconstrucţia Trust ;
TEnM	- The Energomontaj Trust ;
TEM	- The Electromontaj Trust
CIPEET	- The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;
CIRE	- The Industrial Central for Electric Networks ;
ICEMENERG	- The Power Research and Modernization Institute;
ICMP	- The Enterprise for Metallic Construction and Prefabs.

ROMENERGO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad for thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions, etc., export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.



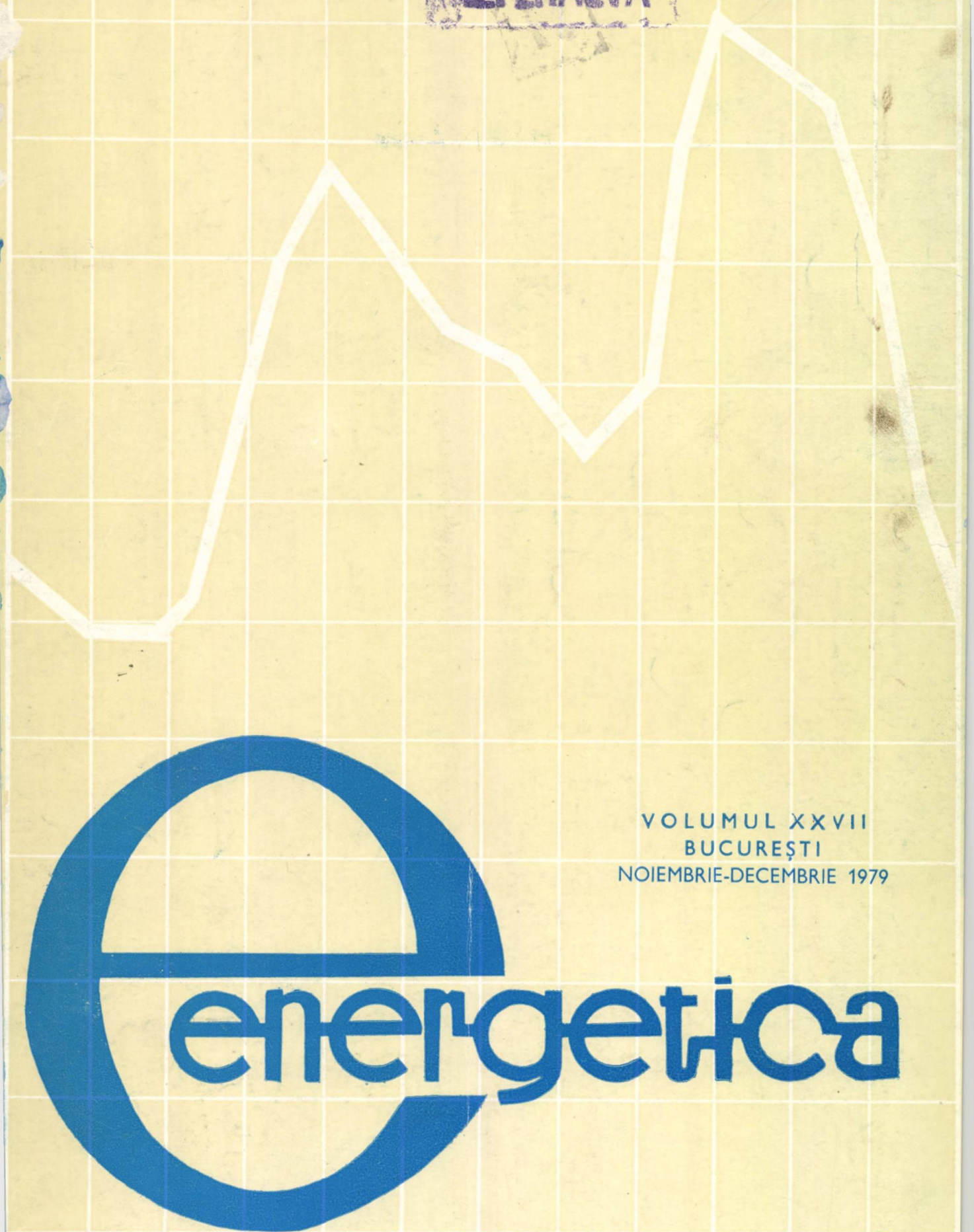
1, Lacul Tei Blvd.; sector II
BUCHAREST - ROMANIA
Telephone : 12. 13. 26 -
12. 05. 51
Telex : 11525 romeng-r
P. O. B. :/-736

E 2039

MW

REFERALVA

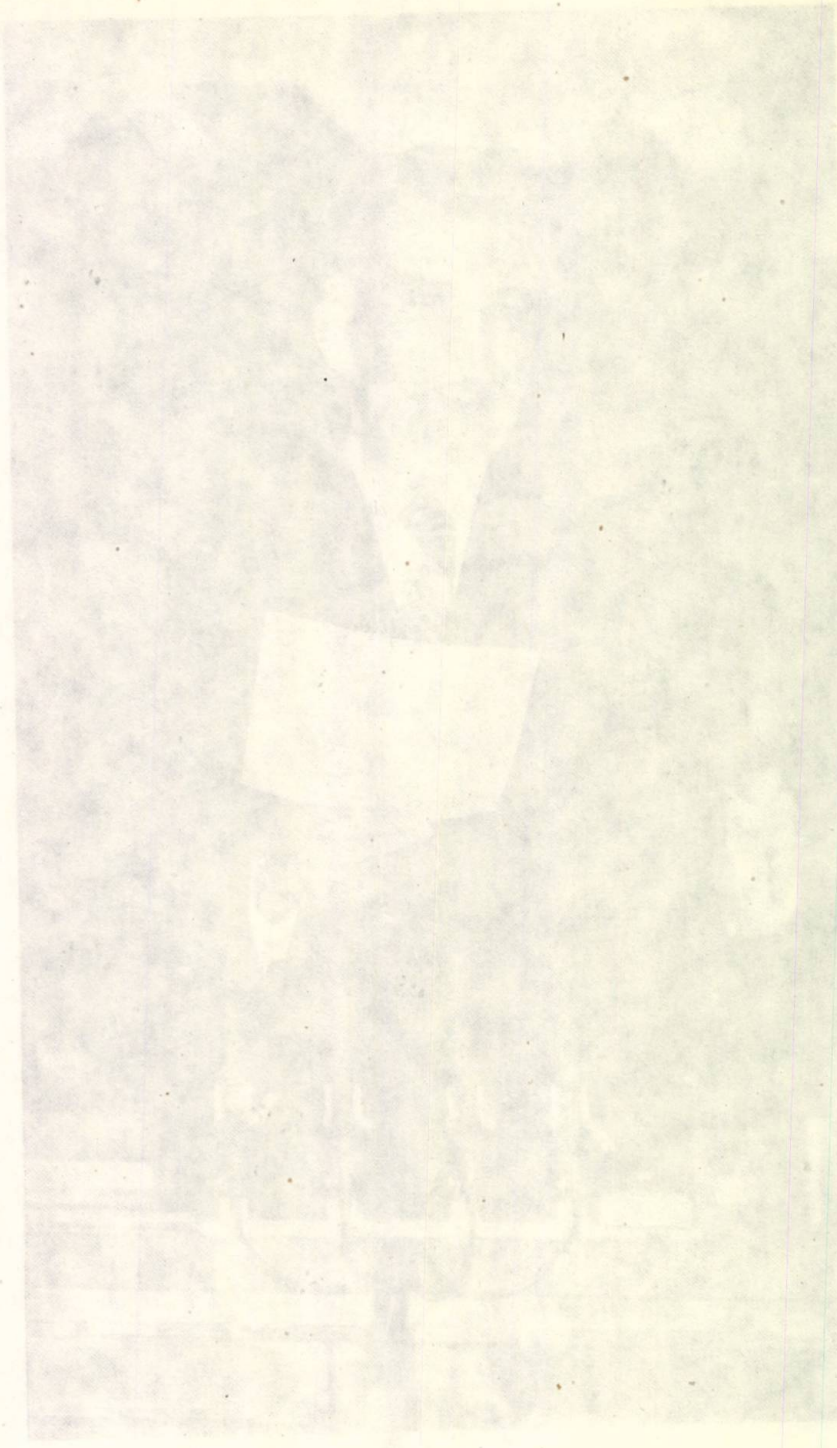
11-12



VOLUMUL XXVII
BUCUREȘTI
NOIEMBRIE-DECEMBRIE 1979

energetica

Într-o deplină unanimitate, partidul l-a reales în fruntea sa pe tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU pentru că este revoluționarul și patriotul, comunistul de omenie pe care poporul român și l-a dorit și îl dorește cu fermitate și hotărîre la conducerea destinelor sale



Din Raportul prezentat de tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU la Congresul al XII-lea al Partidului Comunist Român

„... O altă orientare principală a viitorului cincinal este creșterea bazei energetice, punîndu-se accentul pe utilizarea cărbunilor în producția de energie electrică și termică, valorificarea potențialului hidroenergetic, construcția de centrale nuclearoelectrice, folosirea noilor surse de energie, îmbunătățirea continuă a organizării și exploatării sistemului electroenergetic național, aplicarea unui regim sever de economisire a petrolului și gazelor, a tuturor combustibililor și energiei electrice. Se vor crea noi centrale pe cărbuni și șisturi bituminoase — a căror pondere în balanța de energie electrică va ajunge la sfîrșitul cincinalului viitor la cel puțin 55 la sută, față de 40 la sută în 1980 — asigurîndu-se amplasarea lor rațională, creșterea randamentului de utilizare a combustibilului, extinderea termoficării industriale și urbane. Va fi dată în funcțiune centrala Porțile de Fier II și se va realiza centrala Turnu Măgurele — Nicopole, va începe construirea de noi hidrocentrale pe Dunăre și rîurile interioare; se va asigura extinderea microhidrocentralelor. Pînă la sfîrșitul cincinalului va intra în funcțiune prima centrală atomoelectrică, de 660 MW. Va trebui să se treacă, de asemenea, mai rapid la utilizarea energiei soarelui, vîntului, biomasei, biogazului și a altor surse de energie. Se va restrînge folosirea țițeiului și gazelor în procesele de ardere, acordîndu-se prioritate valorificării lor superioare prin chimizare.

...În cincinalul viitor un rol tot mai important revine științei — factor determinant al dezvoltării societății. Orientarea de bază a Programului-directivă o constituie afirmarea revoluției tehnico-științifice în toate domeniile de activitate, creșterea rolului științei în modernizarea economiei naționale, a întregii vieți sociale, în conducerea societății, legarea tot mai strînsă a cercetării de producție, accentuarea contribuției creației științifice românești la progresul multilateral și dinamic al țării noastre, la îmbogățirea tezaurului cunoașterii universale, astfel încît deceniul următor să devină cu adevărat deceniul științei, tehnicii, calității și eficienței.

În industrie, cercetarea trebuie să asigure dezvoltarea mai rapidă a bazei proprii de materii prime și energie, valorificarea complexă a rezervelor interne de substanțe minerale, utilizarea intensă a noilor surse de energie, asimilarea de noi produse cu caracteristici superioare, generalizarea mecanizării, automatizării și cibernetizării producției, introducerea de noi tehnologii avansate în toate ramurile producției, care să permită reducerea mai accentuată a consumurilor materiale și energetice, recuperarea și refolosirea materiilor prime și materialelor.

...Este necesar să se acționeze mai ferm pentru legarea cercetării cu învățămîntul și producția și întărirea conlucrării oamenilor de știință cu masele largi ale celor ce muncesc — făuritorii bunurilor materiale.

Trebuie să acordăm întreaga atenție dezvoltării cercetării de perspectivă, a cercetării fundamentale pentru a asigura condițiile progresului multilateral al științei și al societății noastre".

Din Rezoluția Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român

„...Congresul aprobă Directivele cu privire la dezvoltarea economică socială a țării în cincinalul 1981—1985 și orientările de perspectivă pînă în 1990, elaborate pe baza prevederilor Programului partidului. Directivele conțin sarcinile de bază ale cincinalului viitor, precum și programele de perspectivă pînă în 1990, în vederea dezvoltării dinamice, echilibrate și eficiente a economiei noastre naționale.

Congresul stabilește ca obiectivul fundamental al viitorului plan cincinal să fie continuarea, pe o treaptă superioară, a îndeplinirii Programului partidului, creșterea în ritm susținut a economiei naționale, afirmarea cu putere a revoluției tehnico-științifice în toate domeniile, trecerea la o nouă calitate a întregii activități economico-sociale. Pe această bază se asigură consolidarea și mai puternică a modului de producție socialist, ridicarea gradului de civilizație a întregului popor, întărirea forței materiale și spirituale a țării, a independenței și suveranității României socialiste.

...Congresul apreciază că prin înfăptuirea prevederilor noului cincinal, România va depăși stadiul de țară socialistă în curs de dezvoltare și va deveni o țară socialistă mediu dezvoltată, parcurgîndu-se o etapă de cea mai mare însemnătate în înfăptuirea Programului partidului. Totodată, Congresul își însușește orientările dezvoltării economico-sociale a țării în deceniul următor, care vor asigura realizarea, în linii mari, a sarcinilor făuririi societății socialiste multilateral dezvoltate și vor marca un important pas înainte spre societatea comunistă.

...Congresul aprobă Programul-directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000, care dau expresie politicii Partidului Comunist Român, concepției secretarului său general — tovarășul Nicolae Ceaușescu — de așezare fermă la temelia întregii opere de construcție socialistă a celor mai avansate cuceriri ale științei și tehnicii, de transformare a științei și tehnologiei într-un factor hotărîtor al progresului economico-social al patriei.

...Congresul aprobă Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000, care stabilește sarcinile de bază privind cercetarea geologică, extinderea utilizării cărbunilor în producția de energie electrică și termică, valorificarea potențialului hidroenergetic, construcția de centrale nuclearo-electrice, folosirea noilor surse de energie, îmbunătățirea continuă a organizării sistemului electroenergetic național, aplicarea unui regim sever de economisire a petrolului și gazelor, a tuturor combustibililor și energiei electrice. Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pornește de la necesitatea ca în viitorul deceniu România să devină independentă din punct de vedere energetic".

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 27 Nr. 11—12 noiembrie—decembrie

Cuprinsul

C. Oancea, E. Zamfir şi *V. Bădescu*	**Mărimi, simboluri, unităţi de bază în heliotehnică**	507—512
I. Dragomir	**Schimbător de căldură elicoidal**	512—519
A. Forje, C. L. Simionescu, M. G. M. Pop, G. Munteanu, I. Bogdan, I. Inţa, V. Stratulat, M. Chindea, D. Stănculescu, E. Teacă, R. Iovănaş şi *B. Bednar*	**Epuizarea potenţialului energetic implicat într-un proces tehnologic industrial — factor esenţial în prevenirea poluării**	520—534
P. Buhuş	**O metodă cu caracter general de determinare a secţiunilor economice pentru liniile electrice trifazate**	534—538
Al. Tănăsescu şi *T. Işfanu*	**Parametrii cablurilor în regim de scurtcircuit monofazat. Reactanţe inductive**	539—547
Em. Cocoş	**Evitarea producerii rezonanţei filtrelor de absorbţie cu reţeaua**	547—551
B. Guzun	**Eficienţa sistemelor de reglare automată a excitaţiei aferente alternatoarelor de mare putere, evaluată prin variaţia coeficienţilor cuplurilor de amortizare şi sincronizare**	552—557
CRONICĂ		
M. Dănilă	**A VII-a Consfătuire a termoenergeticienilor din R.S.R.**	557—558
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului ştiinţific al
Institutului central de cercetări energetice

Mărimi, simboluri, unităţi de bază în heliotehnică

Dr. ing. **Candida Oancea**
Dr. fiz. **Elena Zamfir**
Ing. **Viorel Bădescu***)

Avînd în vedere necesitatea unei unificări a simbolurilor şi unităţilor folosite în acest domeniu, redacţia publică articolul de faţă supunîndu-l discuţiei specialiştilor, în vederea ajungerii la un punct de vedere comun.

Heliotehnica, această ramură tehnico-ştiinţifică care se impune din zi în zi în energetica contemporană, îşi revendică un limbaj riguros şi unitar. În acest context considerăm utilă prezentarea unor recomandări referitoare în principal la mărimile legate specific de radiaţia solară, cît şi la acele mărimi împrumutate de la disciplinele la care heliotehnica face un apel mai mult sau mai puţin direct. Caracterul interdisciplinar al tehnologiei solare, modalităţile diferite în care uneori sînt marcate mărimile folosite în domeniile adiacente şi în însăşi energetica solară, de către diverşi autori, constituie dificultăţi de prezentare şi abordare a literaturii de specialitate.

În cele ce urmează se prezintă unele propuneri de simboluri pentru mărimi care sînt utilizate în domeniul energiei solare şi aplicaţiile acesteia. Sînt redate numai definiţiile mărimilor radiometrice în general şi cele caracteristice radiaţiei solare, deoarece nu totdeauna sînt folosite corect şi unitar.

Aceste definiţii au fost date în principal pentru identificarea mărimilor respective şi nu au pretenţia de a fi în forma cea mai riguroasă.

Simbolurile mărimilor sînt prezentate pe două coloane. În prima coloană sînt scrise acelea utilizate de diverşi autori, iar în cea de-a doua simbolul propus de autorii articolului de faţă. În general s-a ales, pentru notarea unei anumite mărimi, acel simbol care are o frecvenţă mai mare în practica ştiinţifică şi inginerească şi care, în măsura posibilităţilor, nu este identic cu un altul folosit la o grupă de mărimi de altă natură. Excepţiile se referă la notaţiile acceptate pe plan mondial în heliotehnică.

La opţiunea simbolurilor propuse s-au avut în vedere standardele internaţionale şi româneşti cu mărimile caracteristice ale luminii şi radiaţiilor electromagnetice, precum şi literatura de specialitate din diferite domenii folosite în heliotehnică. Pentru mărimi corespondente referitoare la energia undelor electromagnetice, la energia solară şi cea termică, în cazul în care sînt propuse aceleaşi simboluri, se vor folosi indicii r, s şi t, la simbolul considerat, pentru a face distincţia tipului de energie.

În ceea ce priveşte unităţile, ele sînt exprimate în sistemul internaţional S.I.

1. Mărimi în radiometrie. Simboluri. Unităţi

Aceste mărimi, expuse în tabelele 1, 2 şi 3, sînt grupate în trei categorii, referitoare la caracterizarea radiaţiei propriu-zise, la sursa de radiaţii şi la iradierea corpurilor. Mărimile radiaţiei solare ca atare sînt prezentate în cap.2.

Definiţiile mărimilor au fost date de autorii lucrării de faţă pentru valoarea energetică integrală a radiaţiei. În mod similar, aceste mărimi se definesc şi spectral, atunci cînd se ia în considerare un domeniu spectral îngust al radiaţiei. În acest din urmă caz se face specificaţia, marcînd simbolul mărimii respectiv cu indicele λ, plasat în partea dreaptă, jos.

În tabelul 4 sînt propuse simbolurile pentru mărimile de material, care caracterizează interacţiunea radiaţiei cu substanţa în procesele de reflexie, transmisie, absorbţie şi emisie.

2. Mărimi specifice în radiaţia solară. Simboluri. Unităţi

În afară de mărimile referitoare strict la caracterizarea radiaţiei solare, s-au mai definit şi unele mărimi necesare în practica curentă pentru proiectarea echipamentului solar (ca, de exemplu, la determinarea unghiului de înclinare a insolatorului într-un anumit loc în funcţie de perioada de folosinţă a acestuia în timpul anului, sau la determinarea energiei solare care cade pe o suprafaţă înclinată de insolatori în anumite condiţii etc.). În tabelul 5 sînt prezentate mărimile caracteristice ale procesului de insolare. Tabelul 6 cuprinde mărimile unghiulare care determină poziţia soarelui şi unghiurile aferente implicate în procesul de insolare împreună cu simbolurile adoptate.

3. Mărimi care caracterizează transferul termic şi alte mărimi uzuale. Simboluri. Unităţi

Simbolurile mărimilor care caracterizează transferul termic în procesele de captare a radiaţiei solare şi conversie a acesteia în energie termică au fost alese în general dintre cele folosite în termotehnică. Tabelul 7 cuprinde mărimi energetice şi mărimile de material specifice în transferul termic, cu propunerile de simbol.

*) Dr. ing. Candida Oancea este conferenţiar la Catedra de fizică, Institutul politehnic Bucureşti; dr. fiz. Elena Zamfir este lector la Catedra de optică, spectroscopie şi plasmă, Universitatea Bucureşti; ing. Viorel Bădescu lucrează la I.F.A. Viscofil Bucureşti.

Tabelul 1

Mărimi care caracterizează radiația

Nr. crt.	Mărimea — definiția	Simboluri	Simbol propus	Unități
1	*Energie radiantă*: energia emisă, transportată sau primită sub formă de radiații	Q [1], [2], [4] Q_e [1], [2], [10] W [1], [3] U [1]	Q_r	J
2	*Densitatea de energie radiantă*: energia radiantă conținută în unitatea de volum	W [1], [3] W_e [10]	W	$\frac{J}{m^3}$
3	*Flux de energie radiantă sau putere radiantă*: energia radiantă care trece în unitatea de timp printr-o suprafață oarecare	P [1] Φ [1], [2], [4], [10] Φ_e [1], [2] Q [5] $\mathscr{P}$ [3] F [9]	Φ_r	W
4	*Densitatea fluxului de energie radiantă*: raportul între fluxul de energie radiantă printr-un element al unei suprafețe și aria elementului de suprafață	φ [1], [2] φ_e [2] ψ [1] Φ [4] q [5]	φ	$\frac{W}{m^2}$
5	*Intensitatea radiației*: energia radiantă care trece în unitatea de timp prin unitatea de suprafață așezată perpendicular pe direcția de propagare a radiației	I [3], [6]	I_r	$\frac{W}{m^2}$

Tabelul 2

Mărimi care caracterizează sursa de radiații

Nr. crt.	Mărimea — definiția	Simboluri	Simbol propus	Unități
1	*Emitanță*: raportul între fluxul de energie radiantă emis de o suprafață și aria acestei suprafețe	M [1], [2], [4] M_e [1], [2] $\mathscr{R}$ [3] e [5]	$\mathscr{E}$	$\frac{W}{m^2}$
2	*Intensitatea radiantă de izvor* a unui izvor punctiform într-o direcție dată: raportul între fluxul radiant emis într-un element de unghi solid care conține acea direcție și elementul de unghi solid	$\mathscr{I}$ [1], [2], [3], [10] $\mathscr{I}_e$ [1], [2]	$\mathscr{I}$	$\frac{W}{sr}$
3	*Luminanță energetică sau strălucire energetică* a unui element de suprafață într-o direcție dată: raportul între intensitatea radiantă de izvor în acea direcție și aria proiecției elementului de suprafață pe un plan perpendicular pe direcția dată	L [1], [2] [10] L_e [1], [2] $\mathscr{B}$ [3]	$\mathscr{L}$	$\frac{W}{m^2 sr}$

Tabelul 3

Mărimi care caracterizează iradierea corpurilor

Nr. crt.	Mărimea — definiția	Simboluri	Simbol propus	Unități
1	*Iradiere sau expunere energetică*: raportul între energia radiantă care cade pe suprafața corpului iradiat și aria acelei suprafețe	H [2], [4] H_e [2]	H	$\frac{J}{m^2}$
2	*Iradianță sau iluminare energetică*: energia radiantă care cade în unitatea de timp pe unitatea de arie a unei suprafețe	E [1], [2], [10] E_e [1], [2] I [6]	E	$\frac{W}{m^2}$

Tabelul 4

Simboluri propuse pentru mărimi de material care caracterizează interacțiunea radiației cu substanța

Nr. crt.	Mărimea	Simboluri	Simbol propus	Unități
1	Factor de reflexie sau reflectanță	ρ [1], [2], [9]	ρ	—
2	Factor de transmisie sau transmitanță	τ [1], [2], [15] θ [6]	τ	—
3	Factor de absorbție sau absorbanță	α [1], [2], [13]	α	—
4	Factor de emisie sau emisivitate	ε [1], [2] e [6]	ε	—
5	Indice de refracție	n [1], [2]	n	—
6	Coeficient de absorbție	a [1], [2], [3]	a	m^{-1}

Tabelul 5

Mărimi care caracterizează energia solară

Nr. crt.	Mărimea — definiția	Simboluri	Simbol propus	Unități
1	*Insolarea sau insorirea*: energia solară totală care ajunge pe o suprafață dată într-un timp dat	S [12]	Q_s	J
2	*Iradierea solară totală*: energia solară care cade pe unitatea de suprafață într-un timp dat	H [4], [5]	H	$\frac{J}{m^2}$
3	*Iradierea solară directă*: energia propagată direct (în fascicul) de la soare, care cade pe unitatea de suprafață într-un timp dat	H_b [4]	H_f	$\frac{J}{m^2}$
4	*Iradierea solară difuză*: energia solară difuză care cade pe unitatea de suprafață într-un timp dat	H_d [4]	H_d	$\frac{J}{m^2}$
5	*Iradianța solară totală*: energia solară care cade în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a unui corp	G [4] G_H [7] I_t [6] Q [9]	G	$\frac{W}{m^2}$
6	*Iradianța solară directă*: energia propagată direct (în fascicul) de la soare, care cade în unitatea de timp pe unitatea de suprafață	G_b [4] J^* [7] I_r [6] Q_d [9]	G_f	$\frac{W}{m^2}$
7	*Iradianța solară difuză*: energia solară difuză care cade în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a unui corp	G_d [4] D_H [7] I_f [6]	G_d	$\frac{W}{m^2}$
8	*Constantă solară*: valoarea medie, în timp de un an, a intensității radiației solare la limita superioară a atmosferei terestre	I_0 [7] I_{sc} [5]	I_0	$\frac{W}{m^2}$
9	*Durată efectivă de însorire sau durată efectivă de insolare*: numărul de ore din zi, lună sau an în care soarele este vizibil din locul considerat	—	θ_s	h (unitate tolerată)
10	*Fracția de insolare*: raportul între durata efectivă de insolare și durata maximă posibilă de insolare pentru același interval de timp, într-un loc dat	σ [7], [9]	σ	—
11	*Coeficientul de albedo*: fracția din iradianța solară globală reflectată de sol, într-o regiune dată	α [7]	c_a, a	—
12	*Masa atmosferică*: lungimea drumului parcurs de radiația solară prin atmosfera Pământului pînă la un punct dat de pe sol, considerînd drept unitate lungimea drumului parcurs atunci cînd Soarele este la zenit	m [5], [9]	m	—

Tabelul 6

Simboluri propuse pentru mărimi unghiulare implicate în procesul de insolare

Nr. crt.	Mărimea	Simboluri	Simbol propus
1	Unghiul de altitudine al soarelui	α [4], [5] γ [6] a [12]	α
2	Azimut	γ [4], [5], [12] a [7], [13] A [7] α [6]	γ
3	Declinație	δ [4], [5], [7], [9]	δ
4	Zenit	θ_z [4] Z [5]	θ_z
5	Unghiul orar	ω [4], [5] AH [7] H [9]	ω
6	Latitudine	Φ [4], [5], [6], [7] λ [9]	Φ
7	Unghiul de incidență	θ [4], [5] i [4], [5] β [6]	i
8	Unghiul de reflexie	r [4]	r
9	Unghiul de înclinare	β [4] ψ [6] α [9] t [12]	β

În tabelul 7, pentru unele mărimi se propun două simboluri. Primul este cel folosit cu predilecție în heliotehnică, iar cel utilizat de termotehnicieni este menționat în paranteză.

Tabelul 8 cuprinde parametrii de bază care caracterizează energia electrică obținută prin conversie directă din energia solară, iar tabelul 9 recomandările de simbol ale unor mărimi uzuale.

Tabelul 8

Simboluri pentru mărimi electrice de bază

Nr. crt.	Mărimea	Simbol	Unități
1	Tensiunea în circuit deschis	V_0	V
2	Intensitatea curentului în scurtcircuit	I_{sc}	A
3	Putere maximă debitată	P_m	W
4	Rezistență	R	Ω
5	Factor de umplere	F	—

Tabelul 7

Simboluri propuse pentru mărimi care intervin în transferul termic

Nr.	Mărimea	Simboluri	Simbol propus	Unități
1	Temperatură	T t [6]	T t	K °C
2	Cantitatea de căldură	Q [12] H [6]	Q_t	J
3	Flux termic sau debit de căldură	Q [6] Φ [3] $\dot{Q}$ [16], [17]	Φ_t [$\dot{Q}$]	W
4	Densitatea fluxului termic	φ [3] q [15]	q	$\frac{W}{m^2}$
5	Coeficient total de transfer termic	U [4], [5], [6], [12] k_S [11] k_G [15] k [13]	U, (k)	$\frac{W}{m^2K}$
6	Coeficient de transfer prin convecție sau coeficient de convecție	h [4], [5] α [11]	h,(α)	$\frac{W}{m^2K}$
7	Conductivitate termică	k [5], [12] λ [3], [11]	k,(λ)	$\frac{W}{mK}$
8	Difuzivitate termică	α [4] a [3]	α,(a)	$\frac{m^2}{s}$
9	Căldură specifică	c [3]	c	$\frac{J}{kgK}$
10	Capacitate calorică	C [3], [6]	C	$\frac{J}{K}$
11	Coeficient de dilatare volumică	β [5] γ [3]	γ	K^{-1}
12	Viscozitate cinematică	ν [11], [13]	ν	$\frac{m^2}{s}$
13	Viscozitate dinamică	η [11], [13]	η	$\frac{Ns}{m^2}$

Tabelul 9

Simboluri propuse pentru diferite mărimi uzuale

Nr.	Mărimea	Simboluri	Simbol propus	Unităţi
1	Timp	θ [4] τ [5]	t, τ	s
2	Frecvenţă	ν [4]	ν	s^{-1}
3	Lungime de undă	λ [1], [2], [4], [6]	λ	m
4	Arie	A [4], [5], [6], [12], [15]	A	m^2
5	Viteză	v w [11], [15]	w, v	$\frac{m}{s}$
6	Masă	M [4] m [5]	M	Kg
7	Debit de masă	$\dot{m}$ [4], [7] m [9] G [15]	$\dot{m}$	$\frac{Kg}{s}$
8	Debit volumic	D F [6]	D	$\frac{m^3}{s}$
9	Densitate	ρ [5]	ρ	$\frac{Kg}{m^3}$
10	Presiune	p [5]	p	$\frac{N}{m^2}$
11	Conţinut de umiditate sau umiditatea	u x [11]	u	$\frac{Kg}{Kg}$
12	Eficienţă, randament	η [4], [6], [9]	η	—

Autorii vor fi recunoscători tuturor acelora care vor da sugestii şi vor face propuneri constructive referitoare la problemele prezentate în lucrare, contribuind astfel la efortul necesar pentru conturarea unor norme de mărimi, simboluri şi unităţi în domeniul energiei solare.

Bibliografie

[1] * * * International Standard ISO 31/VI—1973 (E). *Quantities and units of light and related electromagnetic radiations.*

[2] * * * STAS 737/11—74, U—12. *Mărimi caracteristice luminii şi radiaţiilor electromagnetice conexe.*

[3] Grigorovici, R. şi Oncescu, M. *Mărimi şi unităţi în fizică*, vol. II. Editura tehnică, Bucureşti, 1958.

[4] Beckman, W. A., Bugler, J. W. ş.a. *Units and symbols in solar energy.* In: Solar Energy, 21, nr. 1, 1978.

[5] Duffie, J. A. şi Beckman, W. A. *Solar energy thermal processes.* John Wiley & Sons, New York, 1974.

[6] Szokolay, S. V. *Solar energy and building.* John Wiley & Sons, New York, 1974.

[7] Chauliaguet, Ch., Baratcabal, P. şi Batellie, J. P. *L'énergie solaire dans le bâtiment.* Editions Eyrolles, Paris, 1978.

[8] Cabirol, Th., Pelissan, A. şi Roux, D. *Le chauffe-eau solaire et l'insolateur à effet de serre.* Edissud, Aix-en-Provence, 1976.

[9] Touchais, M. *Le chauffage solaire. Les insolateurs a fonction thermique.* Estrel, 1977.

[10] Meyer-Arendt, J. R. *Introduction to classical and modern optics.* Prentice-Hall Inc., New York, 1972.

[11] Carabogdan, I., Badea, A., Ionescu, I., Leca, A., Ghia, V., Nistor. I. şi Cserveny, I. *Instalaţii termice industriale.* Editura tehnică, Bucureşti, 1978.

[12] Landa, H.C. ş.a. *The Solar Energy Handbook*, 1975.

[13] Winkler, J. P. şi Gygax, P. *Sonnenenergie in Theorie und Praxis.* Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 1976.

[14] Ciocoiu, I. şi Creţeanu, V. *Studiu asupra posibilităţilor de valorificare a energiei solare din România.* 1973.

[15] * * * ICEMENERG, INCERC, ICSITEEMR. *Propunere de metodologie de testare a captorilor solari.* Iulie 1979.

[16] Charters, W.W.S. *Some aspects of flow duct design for solar-air heater applications.* În: Solar Energy, 13, nr. 2, 1971.

[17] Streed, E. R., Hill, J. E., Thomas, W. C., Dawson, A. G. şi Wood, B. D. *Results and analysis of a round robin test program for liquid heating flat-plate solar collectors.* În: Solar Energy, 22, nr. 3, 1979.

[18] Iscrulescu, I., Ispăşoiu, Gh. şi Petrescu, V. *Sistemul internaţional de unităţi de măsură.* Editura tehnică, Bucureşti, 1970.

(Articol intrat în redacţie la 13 august 1979)

Schimbător de căldură elicoidal

Ing. I. Dragomir*)

Considerații generale

Cercetările de iradiere asupra combustibililor nucleari, efectuate în cadrul IFA-București, au solicitat realizarea de instalații în componența cărora au fost necesare schimbătoare de căldură de suprafață, cu volum redus și capacitate de schimb ridicată.

La stabilirea configurației acestor schimbătoare s-au luat mai întîi în considerație unele metode cunoscute [1] pentru intensificarea transferului de căldură, și anume:

— mărirea artificială a rugozității suprafeței de schimb de căldură, obținută prin prelucrarea mecanică a acestora;

— introducerea unor generatori de turbulență în secțiunea de curgere a agenților termici ce-și schimbă căldura;

— curgerea prin canale de formă elicoidală.

În primele două cazuri se obțin creșteri ale transferului de căldură, în condițiile unui consum suplimentar de putere de pompare, iar în cazul turbionării produse de diafragmele semicirculare introduse în mantaua schimbătoarelor de căldură se obține și o distribuție neuniformă de temperatură pe suprafața de schimb, ceea ce ne-a îndreptat atenția către curgerea elicoidală în canale.

Rezultatele ce se obțin ($\alpha_{perturbat}/\alpha_0$), la puteri de pompare egale, sînt mai bune în cazul al doilea.

Multe cercetări au fost făcute pentru a determina transferul de căldură și pierderea de presiune la curgere prin canale de formă elicoidală, cu sau fără generatori de turbionare, de tipul benzilor răsucite în spirală, elicelor, nervurilor etc.

Relațiile generale conținute în lucrările publicate socotesc că sporirea transferului de căldură și a pierderilor de presiune se datorește în principal curgerii secundare generate de forțele centrifuge care apar în mișcarea elicoidală a fluidului, curgere ce se suprapune curgerii principale axiale.

În cazul curgerii prin canale elicoidale, transferul de căldură este mai ridicat în comparație cu rezultatele obținute prin utilizarea altor tehnici de intensificare, chiar la puteri de pompare egale [1].

Rezultatele cercetărilor privind termohidrodinamica mișcării elicoidale au deja o largă aplicabilitate industrială, atît în străinătate cît și la noi în țară. Recent a fost comunicată [5] o nouă serie de rezultate obținute la ICSITEEMR-Filiala Cluj-Napoca privind intensificarea transferului de căldură prin utilizarea de turbionatori elicoidali plasați în țevi netede drepte, precum și aplicațiile acestora la cazanele proiectate în acest institut.

O îmbunătățire mai substanțială a transferului de căldură s-a obținut la combinarea a două metode de intensificare, și anume: curgerea elicoidală și curgerea prin exteriorul unui fascicol de tuburi.

În lucrarea de față sînt prezentate și discutate rezultatele obținute pe un model de schimbător de căldură în care agentul termic are o mișcare elicoidală printr-un fascicol de tuburi. Lucrarea face parte dintr-o serie de cercetări privind termohidrodinamica mișcării elicoidale de ansamblu a fluidelor printr-un fascicol de tuburi.

Lista de simboluri

a — constantă în relația (4′)
b — idem, în relația (5′)
D — diametru, în m
E — puterea de pompare, în kgm/s
E' — puterea de pompare specifică, pe unitatea de suprafață de schimb de căldură, în $\frac{kgm}{s}/m^2$
E'' — puterea de pompare specifică, pe unitatea de volum al schimbătorului, în $\frac{kgm}{s}/m^3$
E''' — puterea de pompare specifică, pe unitatea de suprafață, raportată la valoarea coeficientului de transfer de căldură, în kg·m°·C/kcal
f — coeficientul de frecare
G — debitul masic, în kg/h
g — accelerația gravitației, în m/s²
j — factorul Colburn
l — lungimea schimbătorului, în m
L — lungimea părții încălzite a schimbătorului, în m
m — constantă în relațiile (4′), (4″), (7), (8), 12), (14) și (15)
n — constantă în relațiile (4), (7), (8), (12), (14) și (15)
p — constantă în relațiile (5′), (10), (11), (12), (14) și (15)
Q — cantitatea de căldură transferată, în kcal/h
Q' — cantitatea de căldură transferată pe unitatea de suprafață și unitatea de diferență de temperatură, în kcal/m²·h·°C.
Q'' — cantitatea de căldură transferată, pe unitatea de volum și unitatea de diferență de temperatură, în kcal/m³·h.°C
r — raza conductei înfășurată în spirală, în m
R — raza de curbură a conductei înfășurată în spirală, în m
S — suprafața, în m²
SCE — schimbător de căldură elicoidal
t — temperatura, în °C.
v — viteza agentului termic, în m/s
Gz — criteriul Graez
Nu — criteriul Nusselt
Pr — criteriul Prandtl
Re — criteriul Reynolds
St — criteriul Stanton
α — coeficientul de transfer de căldură, în kcal/m²·h·°C
β — densitatea de suprafață de transfer de căldură, în m²/m³
Δt — diferența de temperatură, în °C
γ — densitatea agentului de răcire, în kg/m³
η — randamentul schimbătorului și $\eta = E^m$ în relația (12), în kgm°·C/kcal
η' — intensificarea transferului de căldură, de suprafață
η'' — intensificarea transferului de căldură, de volum
ΔP — pierdere de presiune, în kg/m²
ν — viscozitatea agentului de răcire, în m²/s

*) Ing. Ion Dragomir lucrează la Institutul de reactori nucleari energetici (IRNE) — Pitești.

Indici

0 — de referință
El — pentru curgerea elicoidală
H — hidraulic
m — pentru valoarea medie a temperaturii fluidului
P — pentru curgerea paralelă
pi — perete intrare
pe — perete ieșire
T — de transfer de căldură
c — de curgere
— — valoare medie

Descrierea modelului de schimbător de căldură și a instalației experimentale de măsură

Modelul de schimbător de căldură, în care agentul termic are o mișcare elicoidală (schimbător de căldură elicoidal — SCE), are următoarele părți componente (fig. 1 *a*):

— o manta din țeavă de oțel, Ø45 ×2,5 mm și $l = 360$ mm, prin care circulă apa ca agent termic. Mantaua este montată între două flanșe. Pe manta se află două racorduri, la distanța de 300 mm, pentru măsurarea pierderilor de presiune ale agentului termic;

— un fascicol de șase conducte de alamă, Ø 10×1 mm, una centrală, iar celelalte cinci echidistante pe un diametru de Ø 25 mm. Fiecare conductă are la interior cîte o rezistență electrică încălzitoare, ce simulează agentul termic care cedează căldura, capabile să furnizeze în ansamblu 3210 kcal/h, pe o lungime $L = 300$ mm. Suprafața de schimb de căldură, S_T, este de 0,0565 m²;

— o elice din tablă de alamă cu grosimea de 2 mm, înfășurată în jurul conductei centrale din fascicol, cu pasul de 20 mm, pe o lungime $l = 360$ mm, confecționată după metoda descrisă în lucrarea [2]. Elicea este străpunsă pe toată lungimea ei de celelalte cinci conducte din fascicol, astfel că agentul termic este forțat să circule în manta în jurul conductei centrale la partea exterioară a conductelor din fascicol, în mișcare elicoidală;

— două racorduri cu flanșă la intrarea și ieșirea apei din schimbător;

— cinci termocuple coaxiale, Ø 1 mm, din cromel-alumel, pentru măsurarea temperaturii apei la intrarea și ieșirea ei din schimbător, precum și în trei puncte pe suprafața uneia din conductele fascicolului.

O vedere a schimbătorului de căldură se află în figura 1*b*, iar principalele părți componente în figura 1*c*.

Schimbătorul a fost montat în poziție verticală într-o instalație de măsură, a cărei schemă este redată în figura 2.

Pentru măsurarea debitului de apă s-a folosit un rotametru, iar pentru măsurarea puterii electrice consumate un voltmetru și un ampermetru.

Rezultate experimentale

Au fost efectuate măsurători de temperatură, debit de apă și pierderi de presiune pentru cinci valori ale debitului agentului termic, între 0,03 și 0,15 m³/h, la valoarea maximă a puterii termice ce se putea obține de la încălzitoarele electrice, 3210 kcal/h.

Temperatura apei la intrarea în SCE a fost de 11,5°C; pe suprafețele exterioare ale con-

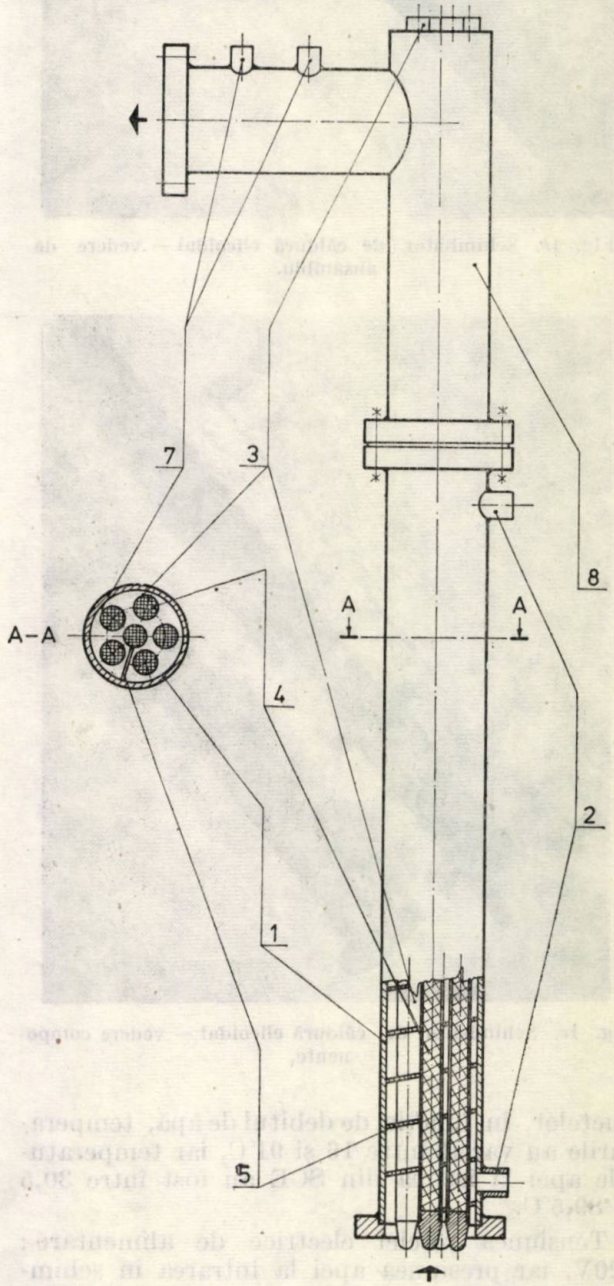


Fig. 1 *a*. Schimbător de căldură elicoidal (SCE):
1 — manta; *2* — racord; *3* — conductă; *4* — rezistență electrică încălzitoare; *5* — elice; *6* — racord; *7* — termocuple; *8* — racod cu flanșă.

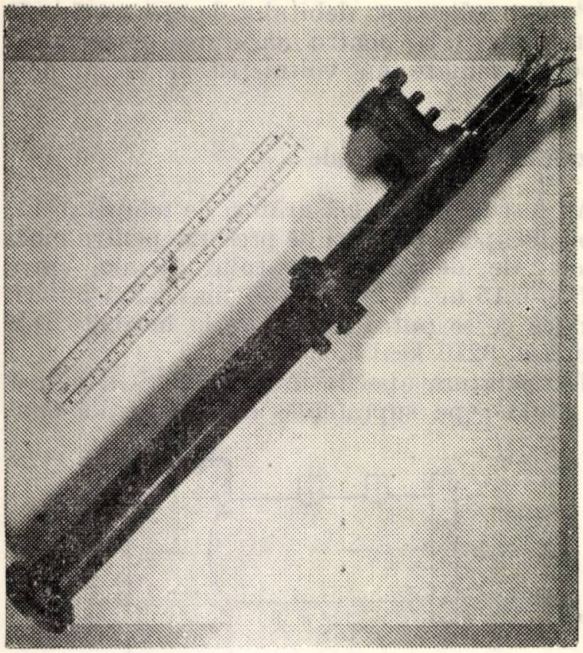


Fig. 1*b*. Schimbător de căldură elicoidal — vedere de ansamblu.

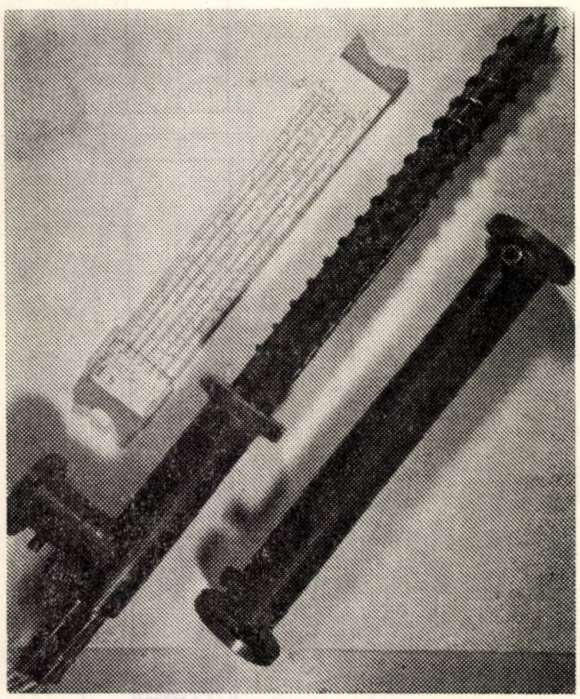


Fig. 1*c*. Schimbător de căldură elicoidal — vedere componente.

ductelor, în funcție de debitul de apă, temperaturile au variat între 16 și 91°C, iar temperaturile apei la ieșirea din SCE au fost între 30,5 și 89,5°C.

Tensiunea rețelei electrice de alimentare: 220V, iar presiunea apei la intrarea în schimbător: 3,5 bar.

Pierderile de presiune ale apei au variat între 124 și 1747 kg/m².

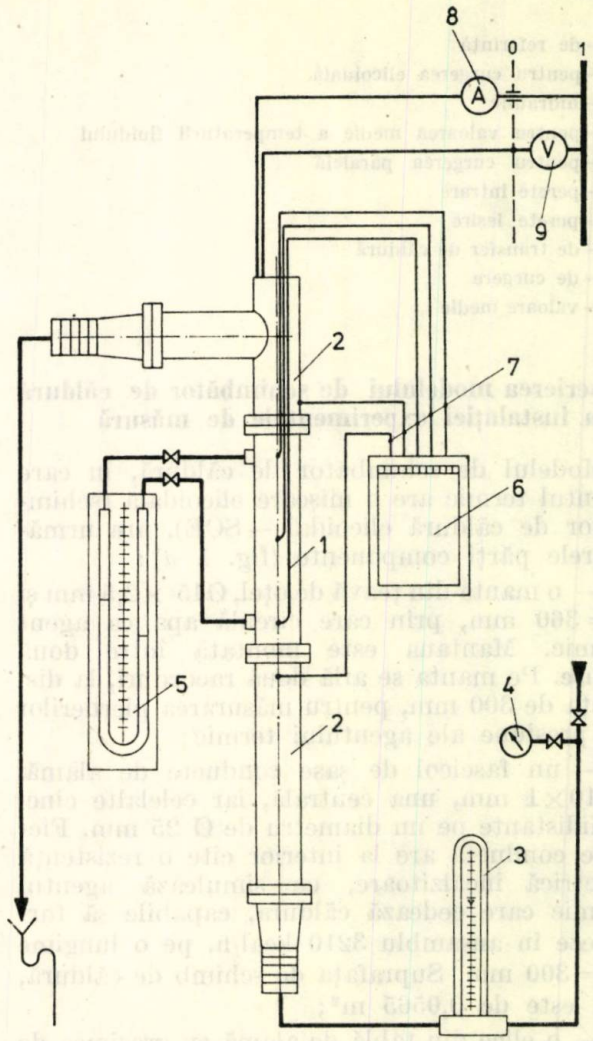


Fig. 2. Schema instalației de măsură:
1 — SCE; *2* — racord cu flanșă; *3* — rotametru; *4* — manometru; *5* — manometru diferențial; *6* — milivoltmetru; *7* — termocuplu; *8* — ampermetru; *9* — voltmetru.

Relații utilizate pentru interpretarea datelor experimentale

Pentru obținerea curbelor din figurile prezentate în continuare, s-au folosit următoarele relații:

— Proprietățile termofizice ale apei au fost luate din tabele, pentru temperatura medie a apei, determinată cu relația [3]:

$$t_m = (t_{pi} + t_{pe})/2 - \Delta t \qquad (1)$$

— Valoarea critică a criteriului Reynolds pentru o curgere într-o conductă elicoidală, definită cu relația [4]:

$$\mathrm{Re}_{critic} = 2 \times 10^4 \left(\frac{r_0}{R}\right)^{0,32}, \qquad (2)$$

în care r_0 este raza conductei, iar R — raza de curbură a conductei înfășurată în spirală.

— Ecuația criterială pentru determinarea transferului de căldură într-o curgere laminară, în care criteriul Gz este mai mare decît 10 [4]:

$$Nu = 1{,}75\ Gz^{1/3} \tag{3}$$

Factorul Colburn, definit prin relația [3]:

$$j = St Pr^{2/3} \tag{4}$$

Curba obținută prin trasarea factorului j, în funcție de criteriul Reynolds, poate fi aproximată printr-o relație de forma:

$$j = a\ Re^m \tag{4'}$$

sau

$$St = a\ Re^m\ Pr^n,$$

unde a, m și n sînt constante.

— Coeficientul de frecare Darcy, definit prin relația:

$$f = \frac{\Delta P}{\frac{L}{D}\gamma\frac{v^2}{2g}} \tag{5}$$

Curba obținută prin trasarea coeficientului de frecare f în funcție de criteriul Reynolds poate fi aproximată printr-o relație de forma:

$$f = bRe^p, \tag{5'}$$

unde b și p sînt constante.

— Coeficientul de frecare Blasius, definit prin relația [3]:

$$f = 0{,}3164\ Re^{-0.25} \tag{6}$$

— Cantitatea de căldură transferată pe unitatea de suprafață și unitatea de diferență de temperatură [3]:

$$Q' = \alpha = \frac{a\lambda Re^{m+1}Pr^{n+1}}{D_T}\ [kcal/m^2 \cdot h \cdot °C] \tag{7}$$

— Cantitatea de căldură transferată pe unitatea de volum și unitatea de diferență de temratură [3]:

$$Q'' = \beta Q' = \frac{a\beta\ \lambda\ Re^{m+1}Pr^{n+1}}{D_T}\ [kcal/h \cdot m^3 \cdot °C], \tag{8}$$

β fiind densitatea de suprafață a schimbătorului de căldură, în m^2/m^3.

— Puterea de pompare necesară pentru a învinge rezistențele schimbătorului de căldură (pierderi liniare) [3]:

$$E = \Delta P S_c v\ [kgm/s] \tag{9}$$

— Puterea de pompare specifică pe unitatea de suprafață de schimb de căldură [3]:

$$E' = \frac{E}{S_T} = \frac{b\nu^3\gamma Re^{p+3}}{2gD_H^3}\left[\frac{kgm}{s}/m^2\right] \tag{10}$$

— Puterea de pompare specifică pe unitatea de volum a schimbătorului [3]:

$$E'' = \beta E' = \frac{b\beta\nu^3\gamma\ Re^{p+3}}{2gD_H^3}\left[\frac{kgm}{s}/m^3\right] \tag{11}$$

— Puterea de pompare specifică, pe unitatea de suprafață raportată la valoarea coeficientului de transfer de căldură [3]:

$$E''' = 3600\ \frac{E'}{\alpha} = \frac{3600\ b\ G^3\ Nu\ Re^{p-m+5}}{2a\alpha g\gamma^2\ Pr^{n+1}}\left[\frac{kgm \cdot °C}{kcal}\right] \tag{12}$$

Această mărime, fiind raportul dintre energia cheltuită și energia transferată, poate fi considerată ca randamentul schimbătorului și notată cu η.

— Ecuația criterială Ditus-Boelter, pentru determinarea transferului de căldură într-o curgere turbulentă [4]:

$$Nu = 0{,}023\ Re^{0.8}\ Pr^{0.4} \tag{13}$$

— Intensificarea transferului de căldură datorită introducerii unei tehnici de sporire, exprimată prin raportul între transferul de căldură obținut ($\alpha_{perturbat}$) și transferul de căldură dintr-un schimbător de referință (α_0), pentru aceeași putere specifică de pompare [3]:

$$\eta' = \frac{Q'}{Q_0'} = \frac{a}{a_0}\left(\frac{b_0}{b}\right)^{\frac{m+1}{p+3}}\frac{D_{0T}}{D_T}\left(\frac{D}{D_{0H}}\right)^{3\frac{m+1}{p+3}} \cdot Re_0^{\frac{(p_0+3)(m+1)-(p+3)(m_0+1)}{p+3}} \tag{14}$$

— Intensificarea transferului de căldură în cazul unor volume neegale ale schimbătoarelor de comparat [3]:

$$\eta'' = \frac{Q''}{Q_0''} = \frac{\beta}{\beta_0}\frac{Q'}{Q_0'} = \frac{a}{a_0}\left(\frac{b_0}{b}\right)^{\frac{m+1}{p+3}}\frac{D_{0T}}{D_T} \cdot \left(\frac{\beta_0}{\beta}\right)^{\frac{m+1}{p+3}-1}\left(\frac{D_H}{D_{0H}}\right)^{3\frac{m+1}{p+3}} \cdot Re_0^{\frac{(p_0+3)(m+1)-(p+3)(m_0+1}{p+3}} \tag{15}$$

Discuții și concluzii

Pentru evaluarea performanțelor unui schimbător de căldură care are în manta o bandă răsucită în spirală, similară cu aceea utilizată în modelul experimental, s-au prelucrat și comparat datele obținute din măsurători cu datele de calcul ale unui schimbător de căldură de

aceeași configurație, însă fără banda răsucită în spirală.

Curgerea agentului termic, atît în configurația elicoidală (*El*) cît și în configurația paralelă (*P*), are loc în regim laminar. Valoarea criteriului Reynolds pentru curgerea elicoidală, pentru cea mai mare valoare a debitului de apă și proprietățile termofizice ale apei alese la temperatura ei medie, determinată cu relația (1), este mai mică decît valoarea critică, dată de relația (2). Pentru curgerea paralelă a schimbătorului de căldură echivalent de referință, de asemenea pentru cea mai mare valoare a debitului de apă (0,15 m^3/h), valoarea criteriului Reynolds nu depășește 600.

Comparația transferului de căldură și a coeficienților de frecare s-a redus la comparația factorului j al lui Colburn și a coeficientului f de frecare al lui Darcy, respectiv al lui Blasius pentru curgerea paralelă. Pentru calcule s-au folosit relațiile (3), (4), (5) și (6). Precizia rezultatelor se estimează a fi de ±15 . Rezultatele trasate în funcție de criteriul Reynolds sînt redate în figura 3.

Curbele obținute prin trasarea factorului j în funcție de criteriul Reynolds pot fi aproximate printr-o relație de forma :

$$j_{El} = 0{,}0026\ \mathrm{Re}_{El}^{0{,}4574} \text{ sau } \mathrm{St}_{El} = 0{,}0026\ \frac{\mathrm{Re}_{El}^{0{,}4574}}{\mathrm{Pr}^{2/3}}$$

pentru curgerea elicoidală, dedusă din datele experimentale, și :

$$j_P = 1{,}11351\ \mathrm{Re}_P^{-\frac{2}{3}} \text{ sau } \mathrm{St}_P = \frac{1.11951}{\mathrm{Re}_P^{2/3}\ \mathrm{Pr}^{2/3}}$$

pentru curgerea paralelă.

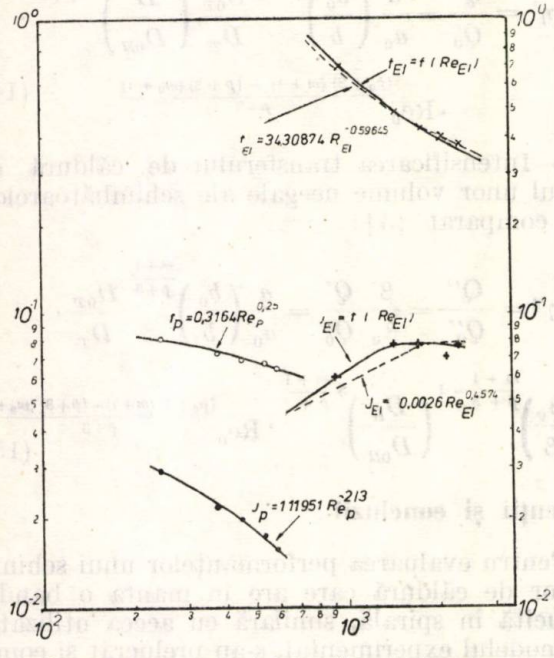


Fig. 3. Comparația transferului de căldură și a coeficientului de frecare.
——— valori experimentale; – – – valori calculate.

Factorul j pentru curgerea elicoidală este superior factorului j pentru curgerea paralelă, iar exponentul criteriului Reynolds pozitiv, ceea ce arată că, în domeniul de curgere analizat, transferul de căldură în schimbătorul de căldură elicoidal este mult mai intens decît în schimbătorul de referință, transferul de căldură crescînd odată cu creșterea criteriului Reynolds.

Curba coeficientului de frecare în funcție de criteriul Reynolds pentru curgerea paralelă corespunde relației lui Blasius :

$$f_P = 0{,}3164\ \mathrm{Re}_P^{-0{,}25}$$

Curba coeficientului de frecare f, obținut experimental, în funcție de criteriul Reynolds, poate fi aproximată printr-o relație de forma :

$$f_{El} = 24{,}30874\ \mathrm{Re}_{El}^{-0{,}59645}$$

Coeficientul de frecare f_{El} pentru curgerea elicoidală este de asemenea superior coeficientului pentru curgerea paralelă f_P, ambii exponenți ai criteriilor Reynolds sînt negativi, cel pentru curgerea elicoidală fiind mai mare în valoarea negativă, ceea ce arată că necesarul de putere de pompare în primul caz (*El*) va fi mai mare decît în al doilea caz (*P*) ; în schimb, viteza de scădere a necesarului de putere de pompare în funcție de valoarea criteriului Reynolds va fi mai mare în primul caz.

Relațiile (7) și (8) pentru calculul cantității de căldură transferată pe unitatea de suprafață și unitatea de diferență de temperatură, Q', sau pe unitatea de volum, Q'', arată că aceste valori vor crește cu mai mult decît prima putere a criteriului Reynolds.

Pe de altă parte însă, relațiile (10) și (11), pentru calculul puterilor de pompare specifice, E', pe unitatea de suprafață de schimb de căldură, și E'', pe unitatea de volum al schimbătorului, demonstrează că aceste valori vor crește aproximativ cu puterea a treia a criteriului Reynolds. Din cauza acestei rapide creșteri a puterii de pompare cu creșterea criteriului Reynolds, în cazul schimbătoarelor de căldură elicoidale, se recomandă proiectarea lor la viteze masice moderate, care mențin la acestea, după cum se vede mai departe, un transfer de căldură substanțial, în condițiile unor reduceri rapide ale necesarului de putere de pompare. Menținerea unui anumit debit al agentului termic, impus prin calcul, se poate face prin sporirea suprafeței frontale a schimbătorului în condițiile unei lungimi mai reduse a acestuia, ceea ce ar conduce la avantaje din punctul de vedere al proiectării : conducte mai scurte, regim de vibrații mai redus etc. Creșterile necesare de suprafață frontală a schimbătorului, care rezultă din considerațiile de mai sus, sînt compatibile cu normele de proiectare.

Figurile 4 și 5 conțin curbele cantităților de căldură Q' și Q'' și ale puterilor de pompare specifice E' și E'' în funcție de vitezele masice în schimbătoarele de căldură comparate. Transformarea datelor din comparația de suprafață în cea de volum, se poate face prin multiplicarea prin densitatea de suprafață β.

Din cele de mai sus se observă că, la creșteri bruște ale puterii de pompare, corespund, în cele două cazuri, creșteri relativ reduse ale transferului de căldură, însă oricum o creștere mai mare în cazul curgerii elicoidale. De asemenea se observă că pantele curbelor necesarului de putere sînt aproximativ aceleași, în timp ce pantele curbelor de transfer de căldură variază apreciabil. Aceasta reflectă, pe de o parte, sensibilitatea transferului de căldură la valoarea exponentului m și lipsa de sensibilitate a puterii de pompare la valoarea exponentului p, iar pe de altă parte eficiența creșterii transferului de căldură la curgerea elicoidală.

Din figurile 4 și 5 se pot obține în plus informații asupra costurilor, cu caracter preliminar însă, întrucît relațiile utilizate nu țin seama de o serie de factori ca : eficiența de pompare, efectele datorate regimurilor de intrare și ieșire, variațiilor de temperatură etc. O altă aproximare în relațiile utilizate constă în aceea că în calculul transferului de căldură se ține seama numai de diferența de temperatură între perete și volumul fluidului, neglijîndu-se rezistența termică a peretelui tubului și a fluidului pe cealaltă parte a schimbătorului de căldură. Utilizînd curbe de genul celor din figurile 4 și 5, pentru diferite configurații de schimbător de căldură, la o anumită viteză masică și o cădere de temperatură pe film, se poate determina cantitatea de suprafață și volum necesare pentru a mînui o anumită sarcină termică, respectiv un cost preliminar al schimbătorului. De asemenea, poate fi, atunci, determinată puterea de pompare necesară, prin multiplicarea valorii lui E' obținută din grafic, prin suprafață sau volum. Dacă într-un anumit caz puterea de pompare este inacceptabilă, aceleași curbe pot fi utilizate pentru a estima o nouă valoare pentru căderea de temperatură pe film.

În figura 6 s-au trasat curbele de variație a randamentului schimbătorului de căldură în funcție de energia de pompare specifică E'_{El}, respectiv E'_P. Valoarea η (E''') a randamentului schimbătorului de căldură, reprezentînd raportul dintre energia cheltuită pentru pomparea fluidului și energia transferată, a fost calculată cu relația (12). Randamentul schimbătorului de căldură elicoidal, definit ca mai sus, este cu aproape un ordin de mărime mai ridicat decît al schimbătorului echivalent paralel.

O altă comparație, din care reiese eficiența introducerii benzii răsucite în spirală în mantaua schimbătorului de căldură, este redată în

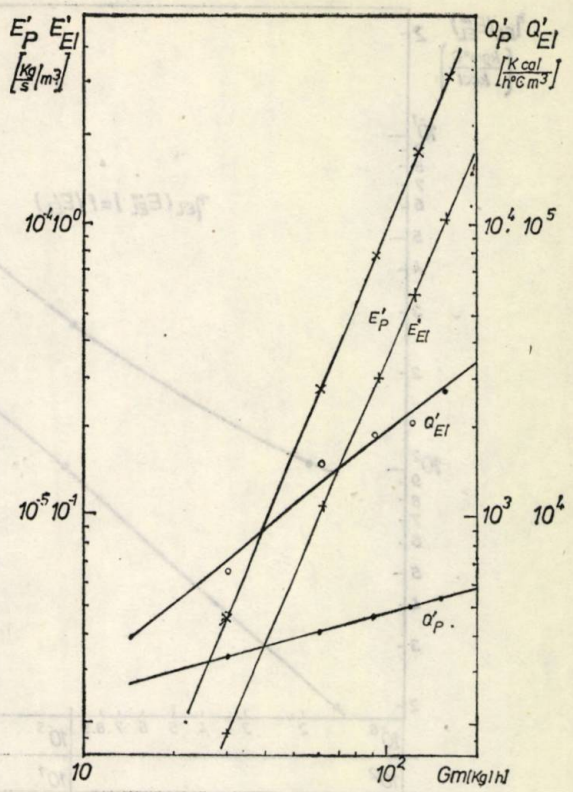


Fig. 4. Cantitatea de căldură transferată Q' și puterea de pompare specifică E' în funcție de viteza masică, G_m.

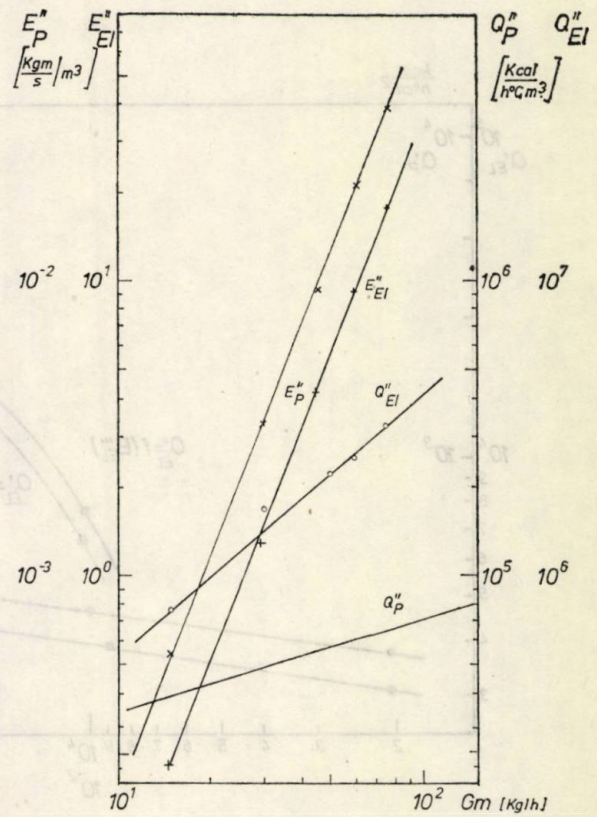


Fig. 5. Cantitatea de căldură transferată Q'' și puterea de pompare specifică E'' în funcție de viteza masică, G_m.

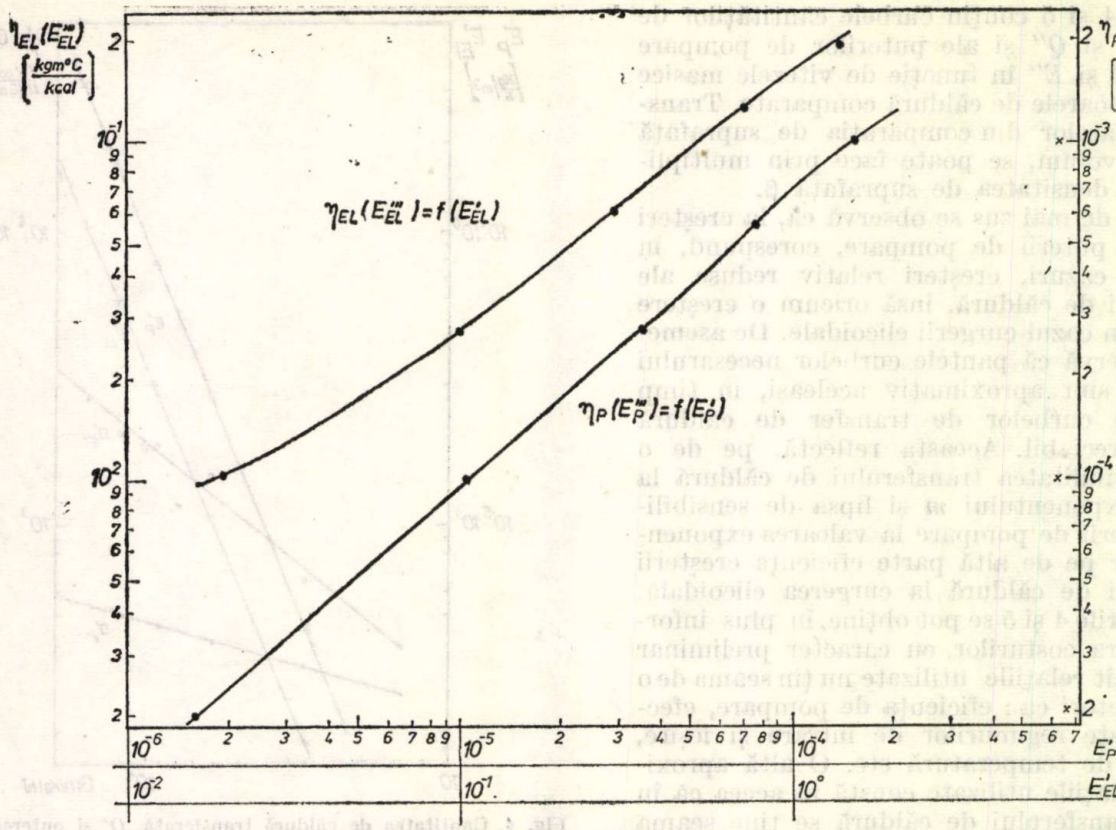


Fig. 6. Comparația randamentelor schimbătoarelor de căldură în funcție de puterea de pompare specifică.

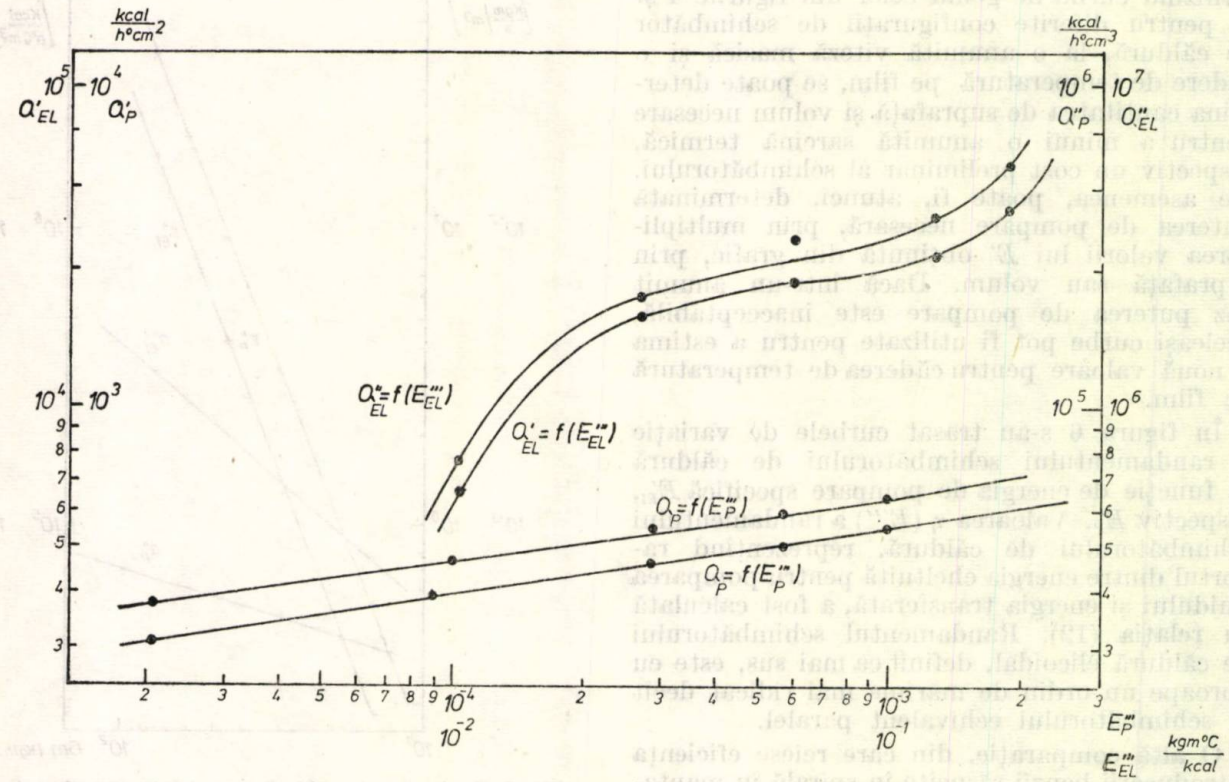


Fig. 7. Cantitatea de căldură transferată Q' și Q'' în funcție de puterea de pompare specifică E'''.

figura 7, în care se află trasate curbele de variație a cantității de căldură transferată Q' și Q'', pentru cele două configurații de schimbătoare, în funcție de puterea de pompare specifică pe unitatea de suprafață, raportată la valoarea coeficientului de transfer de căldură; această mărime este similară cu randamentul η al schimbătorului.

Din această figură reiese că, pentru cea mai mare valoare a debitului masic măsurat (150 kg/h), la putere de pompare specifică E''' egală între cele două configurații de schimbătoare, necesarul de suprafață este cu aproape un ordin de mărime mai mare pentru schimbătorul paralel.

Autorii lucrării [3] utilizează metoda lui Mitskevici pentru a defini eficiența unei metode de intensificare, ca raportul dintre transferul de energie termică al unui schimbător de căldură îmbunătățit și acela al unui schimbător standard de referință, pentru consumuri de putere de pompare egale, aceleași căderi de temperatură pe filmul de fluid și aceleași volume.

Relațiile (14) și (15) pot servi pentru calculul eficienței metodei de intensificare, raportată atît la suprafața de transfer (η') cît și la volumul schimbătorului (η''). Dacă schimbătoarele comparate au agenți termici diferiți, aceste relații ar trebui să conțină în plus și termenii care să țină seama de proprietățile termofizice ale fluidelor.

În cazul schimbătoarelor din lucrarea de față, $\eta' = \eta''$, întrucît densitățile lor de suprafață, β și β_0, sînt egale.

În figura 8 s-a trasat curba de variație a intensificării transferului de căldură $\eta' = \eta'' = f(Gm)$ prin introducerea benzii răsucite în spirală în mantaua unui schimbător de căldură tubular, în funcție de debitul masic, G_m.

Pentru cea mai mare valoare a debitului masic măsurat, raportul $\alpha_{perturbat}/\alpha_0$ este mai mare de 2.

Un calcul al coeficientului de transfer de căldură și al pierderilor de presiune prin metoda suprapunerii efectelor, sugerat de [1], utilizînd relații criteriale cunoscute [4], [6] și [7], a stabilit că rezultatele experimentale din această lucrare sînt cu peste 200 % față de rezultatele obținute din calculul de mai sus, în ce privește transferul de căldură, și între 150 și 200 % pentru pierderile de presiune, ceea ce presupune că fenomenele în realitate sînt mai complicate,

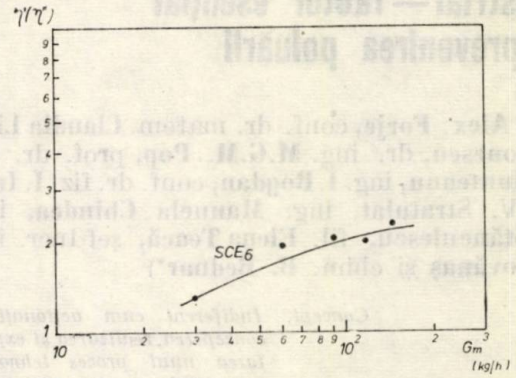


Fig. 8. Intensificarea transferului de căldură $\eta' = \eta''$ în cazul SCE în funcție de debitul masic, G_m.

rezultînd din simpla suprapunere a curgerii axiale printre tuburi și a curgerii elicoidale. În acest sens trebuie privită și afirmația noastră că mișcarea este o curgere elicoidală de ansamblu.

Bibliografie

[1] Bergles, A.E. *Survey and evaluation of techniques to augment convective heat and mass transfer.* În: Progress in Heat and Mass Transfer, vol. I, p. 331—424. Pergamon Press, Oxford, 1969.

[2] Dragomir, I. *Procedeu pentru intensificarea transferului de căldură.* Brevet de invenție nr. 69484/1978.

[3] Cox, B. și Jaldouk, P.A. *Methods for evaluating the performances of compact heat transfer surfaces (72—W A/HT-56).* În: Journal of Heat Transfer, Transactions of ASME, noiembrie 1973.

[4] Adams, W.H. *Transmission de la Chaleur.* Dunod Paris, 1964.

[5] Berindan, I. *Intensificarea transferului de căldură prin utilizarea de turbionatori elicoidali.* A 6-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice a ICSITEEMR, București, 3—5 oct. 1979

[6] Mori, Y. și Nakayama, W. *Study on forced convective heat transfer in curved pipes.* Int. I. Heat Mass Transfer vol 10, p. 681—695. Pergamon Press, 1967.

[7] Ito, H. *Friction factors for turbulent flow in curved pipes.* In: Journal of Basic Engineering, SENDAI Japonia, Transaction of ASME, iunie 1959, p. 124—125

(Articol intrat în redacție la 4 august 1979)

Epuizarea potențialului energetic implicat într-un proces tehnologic industrial — factor esențial în prevenirea poluării

Ing. **Alex. Forje**, conf. dr. matem. **Claudia Lidia Simionescu**, dr. ing. **M.G.M. Pop**, prof. dr. fiz. **G. Munteanu**, ing. **I. Bogdan**, conf. dr. fiz. **I. Inţa**, fiz. **V. Stratulat**, ing. **Manuela Chindea**, ing. **D. Stănculescu**, fil. **Elena Teacă**, şef lucr. ing. **R. Iovănaş** şi chim. **B. Bednar***)

Concept. Indiferent cum acţionaţi în conceperea, realizarea şi exploatarea unui proces tehnologic industrial, opriţi risipa de energie şi poluarea va înceta să mai fie o problemă.

Expunere de motive

Se poate demonstra că în prezent pe planeta noastră se consumă pînă la 5—6 ori mai multă energie decît impune strictul necesar, raţional, al omenirii. Mai mult de cinci şesimi din această valoare se iroseşte, de cele mai multe ori, irecuperabil, datorită unui complex de factori subiectivi şi obiectivi. Această risipă se regăseşte în principal în ceea ce numim, generic, poluare.

În lumina celor de mai sus, criza energiei se poate asimila, de fapt, cu o criză a cunoaşterii şi a înţelegerii mecanismului energiei, al proceselor ce ne înconjură şi din care facem parte.

În cele ce urmează se vor prezenta în acest sens trei experienţe care vorbesc de la sine.

Experimentul nr. 1*)

Conform [3], [4] şi [5], se pare că, pentru prima dată, Florin Predan**) a realizat măsurători şi experimentări pe liniile electrice aeriene de înaltă şi foarte înaltă tensiune în funcţiune, precum şi pe modele experimentale, prin care s-au pus în evidenţă două cazuri de influenţă a cîmpului electromagnetic asupra conductibilităţii unui conductor electric, cît şi asupra altor parametri ai acestuia, şi anume:

— influenţa cîmpului electric de la suprafaţa unui conductor asupra parametrilor acestuia;

— influenţa unui cîmp magnetic străin în masa unui conductor, asupra parametrilor conductorului.

Pentru a se crea premisele determinării influenţei factorilor de sarcină şi atmosferico-meteorologici asupra parametrilor electrici ai unei linii de transport de foarte înaltă tensiune, s-a elaborat o metodologie de determinare a acestora, prin realizarea de măsurători directe pe linia în funcţiune. S-au măsurat simultan, pentru diferite regimuri de funcţionare a liniei, tensiunea, curentul şi puterea activă la cele două capete ale ei, şi cu aceste date s-au determinat valorile parametrilor liniei. Sinteza rezultatelor este cuprinsă în tabelul 1 (*a*, *b*), în care R_0, X_0 şi B_0 sînt calculate cu formulele Carson-Pollaczek (vezi anexa).

Calculul parametrilor se realizează reducînd cele două conductoare reale de pe fază la un conductor echivalent, pe cînd măsurarea acestor parametri se realizează în prezenţa celor două conductoare reale. Din cele de mai sus rezultă că înlocuirea în calcul a celor două conductoare cu unul echivalent nu are un substrat fizic real.

Tabelul 1 a

Valorile parametrilor liniilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune determinate prin măsurători directe

	110 kV		220 kV		220 kV echip. pt. 400 kV		400 kV	
	Uscat	Ploaie	Uscat	Ploaie	Uscat	Ploaie	Uscat	Ploaie
R	$R_0 \pm 1{,}31\%$	$R_0 \pm 1{,}27\%$	$1{,}10R_0 \pm 2{,}11\%$	$1{,}1R_0 \pm 2{,}17\%$	$1{,}3R_0 \pm 7{,}1\%$	$1{,}3R_0 \pm 8{,}67\%$	$2{,}1R_0 \pm 6{,}2\%$	$2{,}1R_0 \pm 8{,}5\%$
X	$X_0 \pm 1{,}64\%$	$X_0 \pm 2{,}06\%$	$1{,}12X_0 \pm 2{,}12\%$	$1{,}1X_0 \pm 1{,}95\%$	$1{,}3X_0 \pm 3{,}3\%$	$1{,}3X_0 \pm 4{,}8\%$	$1{,}8X_0 \pm 3{,}11\%$	$1{,}7X_0 \pm 3{,}7\%$
B	$B_0 \pm 2{,}25\%$	$B_0 \pm 2{,}15\%$	$1{,}12B_0 \pm 1{,}81\%$	$B_0 \pm 1{,}63\%$	$1{,}3B_0 \pm 2{,}9\%$	$B_0 \pm 3{,}95\%$	$1{,}6B_0 \pm 3{,}2\%$	$0{,}9B_0 \pm 2{,}17\%$

R_0 X_0 B_0 reprezintă parametrii calculaţi cu formulele lui Carson-Pollaczek.

Din rezultatele obţinute reiese că, la liniile de 400 kV, echipate cu două conductoare pe fază, parametrii rezultaţi prin măsurători

*) Ing. Alexandru Forje, dr. ing. Mihai G. Pop, ing. Ioan Bogdan, fiz. Vasile Stratulat sînt cercetători ştiinţifici principali la ICEMENERG; conf. dr. matem. Claudia Lidia Simionescu, prof. dr. fiz. Giussepe Munteanu, conf. dr. fiz. Ioan Inţa, şef lucr. ing. Radu Iovănaş, filozof Elena Teacă, chim. Brunno Bednar sînt cadre didactice la Universitatea din Braşov; ing. Manuela Chindea este asistent la Institutul politehnic Bucureşti; ing. D. Stănculescu este inginer proiectant la ISPE.

*) Atît partea experimentală, cît şi suportul teoretic au fost preluate, verificate şi avizate în cadrul unei teme de cercetare ştiinţifică realizată la Universitatea din Braşov, făcînd obiectul unui contract de cercetare ştiinţifică finanţat de CNST.

**) lucrează la ICEMENERG — Bucureşti.

Tabelul 1b

Exemplu de parametri determinaţi prin măsurători simultane la cele două capete ale unei linii de 400 kV, 3 × 2 AL—OL 450 mm², în condiţii de vreme uscată şi senină

07.05.1974

Ora	$R[\Omega]$	$X[\Omega]$	$B \times_{10}{}^{-6}$[S]	$G \times_{10}{}^{-6}$[S]
23h 30′ 00″	12,781	84,90	867	0,42
20″	13,019	97,37	961	0,48
40″	11,607	98,67	939	0,56
31′00″	11,246	92,52	953	0,39
20″	13,123	107,00	983	0,51
40″	11,021	92,82	954	0,49
32′00″	12,958	96,25	989	o,53
20″	12,687	85,28	959	0,42
40″	12,452	88,04	887	0,46
33′00″	13,617	93,94	865	0,45
Valoarea medie	12,451	93,68	935,7	0,471
Eroarea medie pătratică	±0,822	±6,35	±43,7	±0,052

08.05.1974

0 h 30′ 00″	11,814	77,09	779	0,48
20″	12,824	90,23	908	0,39
40″	11,733	101,51	966	0,45
31′00″	12,449	106,63	936	0,51
20″	13,491	89,51	807	0,46
40″	12,021	84,98	861	0,39
32′00″	13,476	91,06	847	0,47
20″	12,791	88,65	817	0,53
40″	12,021	84,98	861	0,39
33′00″	13,476	91,06	847	0,47
20″	12,791	88,65	817	0,53
40″	12,495	86,25	887	0,53
Valoarea medie	12,566	89,99	867,55	0,469
Eroarea medie pătratică	±0,614	±7,11	±58,61	±0,048

Valorile calculate cu relaţiile Carson-Pollaczek: $R_0 = 5{,}5\ \Omega$; $X_0 = 53\ \Omega$; $B_0 = 550 \times 10^{-6}$ S.

diferă mult de cei determinaţi prin calcul cu formulele Carson-Pollaczek, formule care sînt folosite în prezent în calculele de regimuri şi de proiectare. Formulele Carson-Pollaczek reprezintă, în fapt, adaptarea pentru calcul a legilor fundamentale ale electrodinamicii formulate de Maxwell.

Faţă de rezultatele obţinute prin măsurătorile realizate ar putea exista următoarele două alternative:

— să existe unele erori sensibile în realizarea măsurătorilor şi în prelucrarea datelor obţinute şi care ar conduce sistematic la aceste rezultate neconforme calculului uzual;

— să existe o dependenţă funcţională între parametrii electrici ai conductoarelor liniilor electrice şi cîmpul electric de la suprafaţa acestora, dependenţă necunoscută şi nesesizată pînă în prezent.

Pentru a stabili care alternativă este cea justă se poate merge pe două căi:

— urmărirea consecinţelor creşterii parametrilor în cîmpul electric de la suprafaţa conductoarelor (dintre parametri, efecte uşor de depistat are în special rezistenţa electrică);

— experimentări pe modele de laborator, care să confirme sau să infirme dependenţa funcţională sus-amintită.

În legătură cu prima cale s-a realizat, pe o linie de 400 kV, o experimentare de înregistrare a pierderilor pe linie la diferite regimuri de funcţionare, în trepte, de la regimul de mers în gol pînă la un regim de încărcare de 350 MW. S-a realizat funcţionarea separată a două grupuri, pe o bară de 400 kV, la care s-a conectat o linie electrică de transport, iar în staţia finală s-a conectat tot ansamblul la sistemul energetic naţional. S-a făcut proba de mers în gol cu linia deconectată în staţia finală şi apoi s-au realizat măsurări simultane de tensiune (U), intensitate (I) şi putere (P), la cele două capete ale liniei, pentru trepte de putere din 50 în 50 MW. Cu valoarea pierderii de putere $\Delta P = P_1 - P_2$ s-a trasat curba:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_{long} = f(S),$$

unde ΔP_{long} este proporţională cu rezistenţa liniei în funcţiune în momentul realizării măsurării, iar S este puterea aparentă.

Dacă dependenţa $R = R(E)$ este justă, trebuie ca la mersul în gol şi la regimurile apropiate acestuia (pînă la 100 MW transportaţi pe linie), cînd cîmpul electric E la suprafaţa conductorului este mai mare ca în cazul unei sarcini mari pe linie (datorită repartiţiei potenţialului pe linie, la linii omogene), respectiv la sarcina transportată pe ea, să se obţină pierderi mai mari decît cele corespunzătoare rezistenţei calculate cu formulele uzuale.

Într-adevăr, la sarcini mici pe linie s-au obţinut pierderi mult mai mari decît cele justificabile prin valoarea rezistenţei calculate cu formulele uzuale. Această neconcordanţă, între calcul şi măsurători, s-a menţinut şi la sarcini mai mari, dar într-o proporţie mai puţin accentuată.

Este de menţionat, de asemenea, că toate întreprinderile de electricitate care exploatează linii de 400 kV înregistrează pierderi de energie (măsurate prin contoare de clasă 0,5) mult mai mari decît cele determinate prin considerarea rezistenţei calculate cu formulele uzuale de calcul al parametrilor. Totdeauna s-a explicat aceasta prin erorile contoarelor, dar nu s-a răspuns la întrebarea de ce erorile acestea sînt invariabil numai într-un sens (mai mari).

S-au realizat măsurători pe cîteva linii, pentru energia pierdută pe o perioadă mai mare de timp, utilizînd contoare-etalon de clasa 0,2, şi în toate cazurile au rezultat pierderi nejustificabil de mari în comparaţie cu pierderile deduse prin considerarea rezistenţei calculate cu formulele uzuale.

Pierderile suplimentare de energie înregistrate prin considerarea valorilor reale măsurate ale parametrilor față de valorile calculate ale lor nu au putut fi puse în evidență prin măsurarea puterilor de circulație pe diferite elemente ale sistemului energetic, măsurare care este efectuată de serviciile de dispecer energetic în dirijarea sistemului. Metodele de măsurare utilizate, precum și aparatele folosite în acest scop (cl. 2,5) conduc la valori măsurate a căror precizie nu poate pune în evidență valorile acestor pierderi suplimentare.

S-au realizat de asemenea probe pe modele de laborator, în care s-a urmărit dependența parametrilor conductoarelor în funcție de cîmpul electric de la suprafețele lor. Rezultatele se găsesc în tabelele 2a, 2b, 2c, 3a și 3b și ele sînt în concordanță cu rezultatele măsurătorilor realizate pe linii de înaltă tensiune reale.

În această situație s-a pus și problema cercetării influenței cîmpului magnetic din masa unui conductor asupra parametrilor lui.

În prima dintre ecuațiile lui Maxwell:

$$\frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = J_\mu \qquad (1)$$

conductivitatea se consideră ca o constantă de material ce nu depinde de cîmpul magnetic (electromagnetic) din mediul conductor considerat. Totuși, ecuația arată că, dacă într-o porțiune de conductor se realizează cîmpul de inducție magnetică $B = 0$, este necesar ca în această porțiune de conductor (neferomagnetică) să nu circule un curent electric: $j = 0$.

Se pune problema, dacă s-ar realiza practic această situație, ce s-ar putea obține?

Dacă imaginăm un conductor cilindric gol la interior (țeavă) prin care ar circula un curent alternativ de o anumită frecvență, iar printr-un alt conductor situat în interiorul primului, un alt curent alternativ de aceeași frecvență, dar de sens contrar, prin alegerea adecvată a valorilor intensităților celor doi curenți s-ar putea realiza într-o zonă din conductorul exterior (ca în fig. 1) o situație care să satisfacă relația:

$$B = Be - Bi = 0 \qquad (2)$$

și deci

$$H = He - Hi = 0 \qquad (3)$$

adică ar apărea o zonă circulară în conductorul exterior în care este îndeplinită condiția de mai sus. Această zonă reiese astfel că nu participă la conducția curentului Ie prin conductorul exterior. Fenomenul astfel considerat poate fi

Tabelul 2a

Valorile obținute la experimentarea pe modelul de determinare a dependenței Z = Z (E) realizat cu conductoare 2×∅ 0,3 mm; 250 m

U [V]	I [mA]	$Z = \frac{U}{I}$ [Ω]	V [kV]
2,55	48,9	52,147	0
2,55	48,2	52,905	10
2,55	47,6	53,571	20
2,55	47,1	54,141	30

Tabelul 2b

Idem, realizat cu conductoare 2×∅ 10 mm; 120 m

U [V]	I [A]	$Z = \frac{U}{I}$ [Ω]	V [kV]	E [kV/cm]	i_0 [mA]
265	5,2	50,961	0	0	0
265	5,1	51,960	5	1,15	—
265	4,9	54,082	10	2,29	6,4
265	4,85	54,639	15	3,43	9,12
265	4,82	54,979	20	4,57	12,17
264,9	4,78	55,418	30	6,86	20
264,9	4,74	55,886	40	9,14	26,72
264,8	4,71	56,221	50	11,43	33,92
264,8	4,7	56,341	54	11,89	36,8

Tabelul 2c

Idem, realizat cu conductoare 1×∅ 10 mm; 120 m

555	5,22	106,321	0	0	0
555	5,21	106,525	5	1,67	—
555	5,18	107,143	10	3,35	4,64
555	5,17	107,150	15	5,02	7,04
555	5,16	107,558	20	6,7	9,76
555	5,16	107,558	30	10,04	15,44
555	5,15	107,767	40	13,39	21,04
555	5,15	107,767	50	16,74	27,04
555	5,145	107,827	52	17,41	28,24

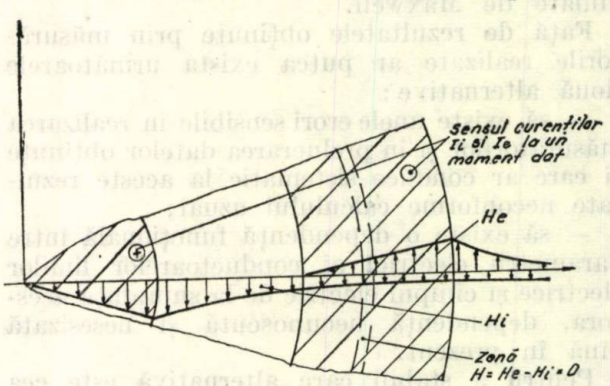


Fig. 1. Configurația cîmpurilor magnetice.

Tabelul 3a

Valorile obținute la experimentarea pe model de determinare a dependenței $R = R(E)$ dispus la o distanță de 10 cm de sol

U_s [V]	I_s [A]	U_p [V]	I_p [A]	U [V]	R [Ω]	E [kV/cm]
19,5	8,06	896	0,17732	1,33	7,500563	2,06
39,8	8,015	1809	0,17633	1,335	7,571031	4,2
59,4	8,02	2700	0,17644	1,34	7,594649	6,27
85	8,04	3864	0,17688	1,35	7,632293	8,98
100	8,05	4545	0,17710	1,355	7,651044	10,56
119,5	8,05	5432	0,1771	1,3625	7,693393	12,62
140,75	8,02	6398	0,17644	1,3675	7,750510	14,86
159,5	8,08	7300	0,1776	1,4025	7,889851	16,96
180	8,1	8182	0,1782	1,44	8,080808	19,01
200	7,58	9191	0,16676	1,50	8,994962	21,12
220	8,01	10000	0,17622	1,75	9,930768	23,23

distanța medie față de pământ 9,99 cm
distanța medie între conductoare 14,45 mm
lungimea modelului de linie 9,54 m

Tabelul 3b

Idem, dispus la o distanță de 15 cm față de pământ

20	8,23	909	0,18106	1,53	7,511322	1,94
40,2	8,02	1827	0,17644	1,335	7,566311	3,89
59,3	8,05	2696	0,1771	1,345	7,594579	5,74
85	8,01	3864	0,17622	1,3475	7,646691	8,23
100	8,01	4545	0,17622	1,35	7,660878	9,69
120,5	8,015	5477	0,17633	1,355	7,684455	11,67
140	8	6364	0,176	1,37	7,784090	13,56
150	8,01	6818	0,17622	1,385	7,859943	14,53
160	8,06	7273	0,17732	1,42	8,008120	15,50
179	8,1	8136	0,1781	1,47	8,249158	17,34
200	8,13	9091	0,17886	1,55	8,665995	19,37
220	8	10000	0,176	1,75	9,943181	21,31

distanța medie față de pământ 14,73 cm
distanța medie între conductoare 14,75 mm
lungimea modelului de linie 9,54 m

interpretat ca și cum secțiunea conductorului exterior s-ar micșora, și deci rezistența lui pe unitatea de lungime ar crește. Pentru a verifica dacă în realitate se întîmplă așa, s-a imaginat și realizat practic o asemenea experiență. S-a ales o țeavă de cupru, avînd diametrul interior egal cu diametrul exterior al izolației unui conductor cilindric de cupru, astfel ca acesta să intre exact în țeavă, ca în figura 2.

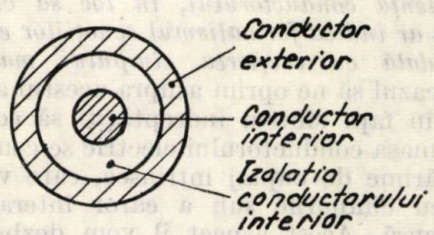


Fig. 2. Secțiune prin ansamblul celor două conductoare.

Cu ansamblul acestor conductoare s-a realizat schema experimentală din figura 3, cu care s-a început experiența, stabilindu-se pentru conductorul interior un curent de o anumită valoare și provocînd variația valorii curentului din conductorul exterior de la zero la o valoare suficient de mare, care să permită apariția situației descrise mai sus.

S-au măsurat valorile curenților din cele două ramuri și valorile diferențelor de potențial între capetele fiecărui conductor, iar defazajele au fost determinate prin oscilografiere.

Experimentările au fost realizate în curent alternativ la 50 Hz și rezultatele sînt date în tabelul 4.

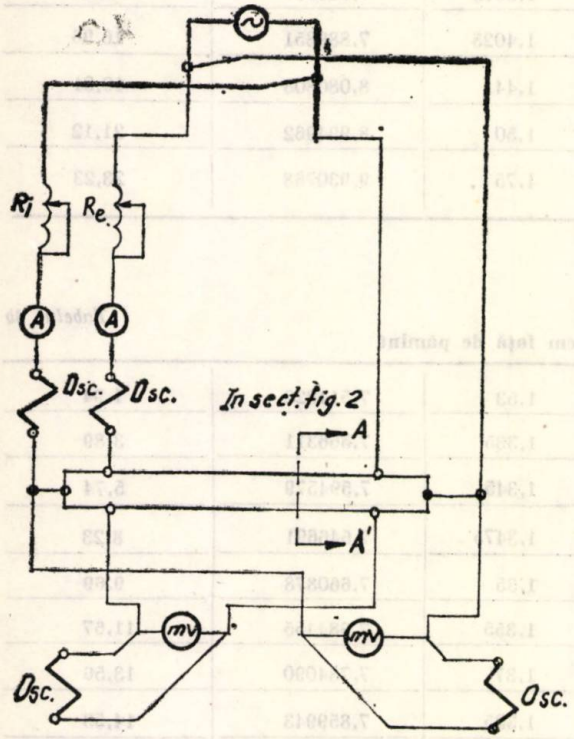


Fig. 3. Schema electrică de experimentare.

S-au efectuat experimentări pe alte cinci cupluri de conductoare asamblate în același mod și avînd lungimi și secțiuni diferite. Rezultatele obținute au fost absolut similare cu cele prezentate în tabelul 4.

Aceste rezultate relevă evident dependența parametrilor electrici ai conductoarelor de cîmpul magnetic din masa lui, și surprinzător este faptul că rezistența conductorului, în loc să crească, așa cum ar indica formalismul ecuațiilor expuse, scade odată cu creșterea cîmpului magnetic.

Este cazul să ne oprim asupra acestui aspect, fiindcă în fapt sîntem îndreptățiți să considerăm că masa conductorului electric se comportă ca o mărime de cuplaj intrinsec, care variază odată cu cîmpurile sub a căror interacțiune este supusă. Acest aspect îl vom dezbate pe parcursul textului în continuare.

Discuții la experimentul nr. 1

Fie cele două sisteme de ecuații ale lui Maxwell scrise în cadrul relativității generale [6]:

$$\frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = J_\mu \qquad (4)$$

$$\frac{\partial \varphi_{\mu\nu}}{\partial x_\rho} + \frac{\partial \varphi_{\nu\rho}}{\partial x_\mu} + \frac{\partial \varphi_{\rho\mu}}{\partial x_\nu} = 0 \qquad (5)$$

Este de remarcat faptul că prin aceste ecuații cu derivate parțiale de ordinul I, interacțiunea dintre cîmpul magnetic și electric se reduce la o expresie liniară, ceea ce ar conduce la concluzia că și pierderile de energie pe linia de înaltă tensiune ar trebui să crească proporțional cu încărcarea energetică a acesteia. Această concluzie pare a nu fi susținută de experimentul făcut. Firește, pot fi luate încă în considerație următoarele aspecte: erorile sistematice sau nesistematice de măsură, care însă ar trebui înlăturate din următoarele considerente:

— natura fenomenului inedit pus în valoare de experiment se regăsește în același sens, atît în valorile determinate prin măsurătorile directe pe liniile de înaltă și foarte înaltă tensiune în funcțiune, cît și în valorile de experiment determinate pe anumite modele în laborator;

— pentru aceeași ipoteză pledează și măsurătorile de producție ale întreprinderilor de electricitate care exploatează linii de foarte înaltă tensiune (400 kV).

Rezultatele obținute prin măsurătorile efectuate de cercetătorul Florin Predan se pare că definesc un fenomen inedit, necunoscut pînă în prezent, și care ar consta în următoarele:

„Cîmpul electric de la suprafața unui conductor are o influență de interacțiune (de cîmp) asupra parametrilor conductorului (masa conductorului); un cîmp magnetic străin de masa unui conductor are o influență tot de interacțiune asupra parametrilor conductorului".

Această ipoteză s-ar justifica și prin faptul că rezultatele obținute au fost prevăzute și calculate și în cadrul unei teorii asupra descrierii unui fenomen fizic într-o bază algebrică [3].

Conform acestei teorii, interpretarea fenomenului fizic pus în evidență prin experimentul menționat mai sus, referitor la transmiterea energiei electrice printr-un singur conductor pe fază, ar fi următoarea:

La transmiterea energiei electrice pe un singur conductor se poate face o „închidere forțată" a sistemului pe următoarele componente:

— tensorul energie al cîmpului electric care se propagă în interiorul conductorului; tensorul energie al cîmpului electric care se propagă în exteriorul conductorului; tensorul energie al cîmpului magnetic care se propagă în interiorul conductorului; tensorul energie al cîmpului magnetic care se propagă în exteri-

Tabelul 4

Valorile parametrilor a doi conductori concentrici

Nr. crt.	Sens	I_{in} [A]	U_{in} [mV]	$\sphericalangle \varphi_{in}$ [°]	$Z_{in}\times10^{-3}$ [Ω]	$R_{in}\times10^{-3}$ [Ω]	$X_{in}\times10^{-3}$ [Ω]	I_{ex} [A]	U_{ex} [mV]	$\sphericalangle \varphi_{ex}$ [°]	$Z_{ex}\times10^{-3}$ [Ω]	$R_{ex}\times10^{-3}$ [Ω]	$X_{ex}\times10^{-3}$ [Ω]
1	—	2,0050	376,0	4 23	187,53	186,98	14,330	0	0	—	—	—	—
2	*d*	2,0000	372,5	5 24	186,25	185,42	17,530	0,3250	20,0	44 43	61,54	43,70	43,32
3	*d*	2,0000	372,5	6 30	186,25	185,05	21,080	0,41000	24,5	33 49	59,75	48,55	34.84
4	*d*	1,995	371,5	7 45	186,22	184,51	25,110	0,5020	29,5	33 25	58,76	49,05	32,75
5	*d*	1,9925	371,0	8 17	186,20	184,26	26,820	0,7100	41,0	28 32	57,74	50,74	27,55
6	*i*	1,9800	383,0	2	193,43	193,32	6,720	0,7060	39,0	−20 26	55,20	51,77	−19,27
7	*i*	1,9775	383,0	2	193,17	193,06	6,740	0,8100	45,0	−16 08	55,55	53,36	−15,46
8	*i*	1,9825	382,5	2	192,94	192,82	6,730	0,9600	54,0	−14 39	56,25	54,42	−14,24
9	*i*	2,0000	385,5	2	192,75	192,63	6,73	1,2400	70,5	−13 23	56,85	55,31	−13,16
10	*d*	2,0000	372,5	9 12	186,25	183,85	29,78	1,2400	74,00	20 17	59,67	56,01	20,57
11	*d*	1,9975	373	9 33	186,15	183,92	30,94	1,4675	88,0	19 07	59,97	56,64	19,69
12	*i*	2,0000	385,0	2	192,50	192,38	6,720	1,475	84,0	−8 22	56,94	56,19	−9,26
13	*i*	2,0225	389,0	2	192,34	192,22	6,710	1,625	93,0	−8 15	57,23	56,63	−8,21
14	*d*	2,0225	378,0	9 39	186,90	184,25	31,33	1,6325	99,0	18 14	60,64	57,59	18,97
15	*d*	2,0025	374,0	9 48	186,77	184,04	31,79	1,75	106,0	17 32	60,57	57,77	18,21
16	*i*	2,0125	387,0	2 30	192,30	192,12	8,39	1,78	102	−5 30	57,30	57,04	−5,49
17	*i*	2,0225	389,0	2 58	192,34	192,08	9,95	2,02	117	−5	57,92	57,70	−5,04
18	*d*	2,0175	377,0	10 39	186,86	183,64	34,59	2,012	122	16 29	60,62	58,12	17,22
19	*d*	2,01	376,6	11 37	187,06	183,23	37,68	2,25	136	15 40	60,44	58,20	16,32
20	*i*	1,9975	384	4 07	192,24	191,74	13,8	2,25	131	−4 11	58,22	58,06	−3,23
21	*i*	2,0125	387,0	5 25	192,30	191,44	18,15	2,5	147,0	−3 45	58,80	58,67	−3,74
22	*d*	2,0125	377,0	11 51	187,3	183,33	38,42	2,525	152	14 50	60,20	58,19	15,41
23	*d*	2,005	376,0	12	187,53	183,43	38,99	2,765	171	14 30	61,84	59,87	15,48
24	*i*	2,00	385	5 56	192,50	191,47	19.90	2,755	166	−3 30	60,25	60,14	−3,67
25	*i*	1,99	383	6 21	192,46	191,28	21,29	3,01	181	−3 20	60,13	59,73	−3,49
26	*d*	1,99	373	12 43	187,44	182,84	41,25	3,015	186	13 30	61,69	59,98	14,40
27	*d*	2,005	375	13 08	187,03	182,14	42,49	3,225	201	13 11	61,75	60,13	14,06
28	*i*	1,9875	383	6 35	192,7	191,43	22,09	3,25	195	−2 25	60	59,95	−2,52
29	*i*	2,00	385	7	192,50	191,06	23,46	3,60	217	−2 15	60,28	60,23	−2,36
30	*d*	2,00	375	13 20	187,50	182,45	43,21	3,64	223	11 52	61,26	59,95	12,70
31	*d*	2,0025	375,5	13 40	187,52	182,21	44,30	3,94	249	11 30	63,19	61,93	12,59
32	*i*	1,9975	385	8 15	192,74	190,75	27,66	3,91	241	−3 45	61,63	61,15	−4,03
33	*i*	1,998	382	8 50	192,94	190,63	29,63	4,24	260	−4	61,32	61,17	−4,28
34	*d*	2,0125	379	13 30	188,32	183,11	43,96	4,23	261	11 20	61,70	60,50	12,13
35	*d*	2,0013	374	13 50	187,33	181,89	44,79	4,54	281	10 45	61,69	60,61	11,51
36	*i*	2,00	385	9 15	192,5	190,08	30,39	4,515	273	−5	60,47	60,24	−5,27
37	*i*	2,0025	386	9 25	192,76	190,16	31,52	4,75	287	−5	60,32	60,09	−5,26
38	*d*	2,015	380	14	188,58	182,98	45,62	4,785	294	13 30	61,35	59,65	14,32
39	*d*	2,00	377	14 10	188,50	182,76	46,13	5,005	305	14	60,94	59,12	14,74
40	*i*	1,9925	384,5	11 35	192,97	189,04	38,74	5,00	298	−5 50	59,60	59,30	−6,06
41	—	0	0	—	—	—	—	3,11	199,5	8 55	62,86	62,10	9,74

d — același sens al curenților din interior și exterior;
i — sensul invers al celor doi curenți.
Lungimea ansamblului 17 m.
Conductorul exterior a avut $\varnothing int = 3$ mm; $\varnothing ext = 4$ mm.
Conducătorul interior a avut 1,5 mm².

orul conductorului, cu masa conductorului, ca mărime variabilă de cuplaj intrinsec între aceste cîmpuri.

În această ipoteză transmiterea energiei electrice s-ar produce ca rezultat al interacţiunii complexe a cîmpurilor electrice şi magnetice, prin intermediul masei conductorului luată drept variabilă de cuplaj intrinsec. O astfel de interacţiune, neglijată pînă în prezent, pentru valorile mari ale parametrilor acestor cîmpuri se dovedeşte a fi neneglijabilă, aşa cum evidenţiază experimentul menţionat mai sus.

În cazul transmiterii energiei prin linii electrice cu două conductoare pe fază, fenomenul îşi măreşte complexitatea prin apariţia unui număr suplimentar de interacţiuni, dar şi în acest caz se poate face o descriere asemănătoare.

S-ar putea concluziona că: orice modificare a structurii tensorului energie al unui cîmp, aparţinînd unui ansamblu de cîmpuri legate între ele prin interacţiuni, conduce la modificarea tensorilor energie ai celorlalte cîmpuri şi această modificare poate fi descrisă prin intermediul masei luată ca variabilă de cuplaj.

Trebuie avut în vedere că, de fapt, descrierea oricărui fenomen fizic într-un limbaj matematic (geometric sau algebric) comportă determinarea şi definirea mărimilor fizice ce caracterizează fenomenul respectiv şi modul lui de interacţiune cu alte fenomene.

În această descriere trebuie precizate două condiţii principale (postulate), şi anume:

— condiţia de domeniu (ecuaţiile de frontieră);

— condiţia de operaţie (ecuaţiile de cîmp).

Se ştie că, într-o încercare de acest fel, Einstein a arătat că se pot găsi suficiente motive care atestă faptul că realitatea nu poate fi reprezentată printr-un cîmp continuu. Aşa, de exemplu, lumea fenomenelor cuantice pare cu siguranţă a nu fi un sistem finit din punct de vedere energetic, structurat funcţional (deci închis), în care să se poată descrie un fenomen fizic. El poate fi însă descris complet printr-un şir de numere întregi (numerele cuantice), ceea ce sugerează încercarea de a găsi o teorie algebrică pentru descrierea unor astfel de aspecte ale realităţii.

Sensul conceptului de teorie algebrică, sub raport semantic, trebuie înţeles astfel: elementele exprimate ca entităţi algebrice se structurează în relaţii algebrice cu valabilitate atît pentru ecuaţiile de domeniu cît şi pentru cele de operaţie.

Dar, în această tentativă, două ar fi dificultăţile esenţiale pe care ar trebui să le depăşească o teorie de cîmp într-o bază algebrică, şi anume:

— renunţarea la conceptele elementare de natură geometrică întrunite de elementele spaţiului geometric L^n, cu subvarietatea L^3, şi

— exprimarea realităţii obiective prin două ecuaţii (sau grupuri de ecuaţii algebrice) care să implice utilizarea numai a două mărimi (sau grupuri de mărimi).

Autorii lucrării [3] au încercat să constituie o astfel de teorie utilizînd două din cele trei mărimi scalare ale fizicii (masa M, energia E şi timpul T), cărora le poate fi asociată o bază algebrică. De altfel, se poate face precizarea că spaţiul L^n şi implicit subvarietatea tridimensională L^3 s-a unificat arbitrar cu timpul T. Conceptele de reprezentare a acestora rezultă respectiv din adoptarea segmentului de dreaptă ca unitate de măsură pentru spaţiu şi din adoptarea poziţiilor diferite ale unui punct într-o mişcare periodică cu viteză constantă pe cerc, drept unitate de măsură pentru timp. Se poate demonstra că nici una din cele două unităţi de măsură nu epuizează descrierea completă a fenomenelor petrecute în spaţiul-timp fizic. Pe de altă parte, unitatea de măsură T din sistemele geometrice se pune totdeauna în evidenţă prin instrumente care de fapt înregistrează transformări de energie.

Pentru a justifica alegerea masei şi energiei ca mărimi de bază în descrierea spaţiului-timp fizic, vom începe prin a examina, în cele ce urmează, situarea fenomenologică a legăturii pe care cunoştinţele de fizică par să o stabilească între aceste două mărimi.

Se ştie că mecanica lui Newton nu stabileşte nici o relaţie fizico-matematică între masă şi energie, ceea ce se poate exprima prin condiţia:

$$\frac{\partial M}{\partial E} = 0 \qquad (6)$$

În schimb, în mecanica relativităţii restrînse a lui Einstein, masa se defineşte ca o constantă de cuplaj, în aşa fel încît:

$$\frac{\partial M}{\partial E} = C \qquad (7)$$

S-ar putea admite că această relaţie simplă nu este decît un caz particular al unei relaţii mai generale, exprimabilă sub forma:

$$\frac{\partial M}{\partial E} = f(E) \qquad (8)$$

şi care ar putea fi luată drept ecuaţie pentru exprimarea grupului ecuaţiilor de cîmp (ecuaţii de operaţie).

În mod analog, în acest caz, grupul relaţiilor de frontieră (ecuaţii de domeniu) ar trebui exprimate sub forma:

$$f(E,M) = 0 \qquad (9)$$

Este de remarcat faptul că experienţele din ultimii ani, din fizica particulelor elementare şi

a energiilor înalte, au condus și la posibilitatea considerării în general a materiei ca fiind constituită numai din cîmp. Este vorba de un cîmp care la rîndul său se poate structura sub formă „discretă" (numită și stare de substanță), respectiv sub formă „difuză" (numită în accepțiunea obișnuită stare de cîmp). Cîmpul în stare discretă s-ar manifesta corpuscular, iar cel în stare difuză s-ar manifesta ondulatoriu.

Se știe, de asemenea, că noțiunilor de masă și energie în general nu li se dau definiții riguroase pentru că, pe de o parte, există impresia că ele pot fi înțelese intuitiv (cum sînt înțelese axiomele sau postulatele elementare), iar pe de altă parte pentru că toate definițiile încercate pînă în prezent sînt doar aproximativ satisfăcătoare.

Una dintre definițiile posibile pentru aceste mărimi ar fi următoarea :

— *Masa*, M, este proprietatea materiei care reprezintă calitatea ei de acumulare. Prin masă putem înțelege nu numai masa gravifică, ci și mase de alte naturi.

— *Energia*, E, este proprietatea materiei care reprezintă calitatea de transformare a ei.

Dacă se ține seama de faptul că masa gravifică este considerată, în accepțiunea obișnuită, ca o constantă de cuplaj pentru cîmpul gravitațional, se poate face, credem, generalizarea : masa în toate interacțiunile reprezintă variabila de cuplaj intrinsec pentru toate cîmpurile.

Se știe că între două mase gravifice există interacții. Vom postula că, pe lîngă interacțiile de un anumit tip, între o pereche de mase sau sisteme există interacții între toate formele de cîmp legate de masele sau sistemele respective. Mărimile de cuplaj de acest tip le vom denumi mărimi reciproce de cuplaj. În acest fel se ajunge la o specificare a mărimii M (masă), care conține mărimi de cuplaj intrinsec (M_{ij} ; E_{ij} etc.), mărimi de cuplaj obișnuit (gravific-gravific, electromagnetic-electromagnetic, mezonic-mezonic, neutrinic-neutrinic, M_iM_j ; E_iE_j etc.) și mărimi de cuplaj încrucișate de ordinul întîi (grafic-electromagnetic, gravific-mezonic, gravific-neutrinic, electromagnetic-mezonic, electromagnetic-neutrinic, mezonic-neutrinic etc.), precum și de alte ordine superioare.

În ceea ce privește aspectul algebric al mărimii generale, *masă*, acesta va trebui să fie de tip tensorial : $M_{i,j,k\ldots n}$, va fi un tensor căruia îi corespunde o matrice cu n elemente, n fiind numărul de cîmpuri luate în considerare.

Considerații analoage se pot face și pentru energie ; energia posedă un aspect algebric asemănător. $E_{i,j,k\ldots n}$ este un tensor de rang n.

Astăzi se acceptă că vitezele maxime pe care le-am putea decela sînt vitezele de propagare ale cîmpului electromagnetic. În acest sens, mărimea c, în accepțiunea ei obișnuită, este viteza luminii în vid. Ea este considerată o constantă și o limită superioară. Dar există și alte cîmpuri, ca : gravific, mezonic, neutrinic etc., necunoscute încă, despre care momentan nu se știe cu ce viteze se pot propaga și care este limita superioară a acestor viteze (postulat de frontieră). Ca atare, prin mărimea c_i vom înțelege o viteză de propagare foarte generală, aparținînd oricăruia dintre cele n_i cîmpuri posibile.

În cele ce urmează, în conceptul algebric pe care-l prezentăm, înțelegem prin mărimea c a cîmpului electromagnetic o mărime specifică acestui cîmp și a masei a cărei transformare i-a dat naștere (sarcină electrică în mișcare). Ea caracterizează cuplajul între ele. De aici rezultă că toate mărimile c_i sînt niște mărimi care caracterizează cuplajul dintre mase și cîmpuri. Mărimile c_i caracterizează maximul de transformări posibile între diferitele mase și cîmpuri.

Pentru stabilirea legăturii dintre masa tensorială și energia definită tensorial, se poate pleca de la cazul particular al relației einsteiniene

$$M = \frac{1}{c^2} E \tag{10}$$

(relație specifică și electromagnetismului), în care $c = 3.10^8$ m/s reprezintă viteza de propagare a interacției electromagnetice. Prin generalizarea ei la forma :

$$M_{i,j,k,\ldots n} = \frac{1}{c_n^2} E_{i,j,k,\ldots n} ; \tag{11}$$

ar trebui să înțelegem prin c_n o viteză de propagare care să depindă de $E_{i,j,k\ \ldots\ n}$.

Prin urmare, omițind indicii, avem :

$$M = \emptyset(E)E = f(E) \tag{12}$$

și prin această relație funcțională se restrînge generalitatea funcției $M = f(E)$.

Evident trebuie impuse condițiile :

$$M = 0 \rightarrow E = 0 \tag{13}$$

$$M \neq 0 \rightarrow E \neq 0 \tag{14}$$

Reperarea unui eveniment fizic, într-un asemenea sistem „masă-energie", nu înseamnă cîtuși de puțin negarea realității obiective a spațiului-timp fizic, ci el exprimă un alt mod de abordare a structurii formei matematice a legilor fenomenelor fizice.

Așa, de exemplu, ecuațiile electrodinamicii ar putea fi rescrise într-un sistem în care coordonatele spațio-temporale sînt exprimate prin

elementele tensoriale ale perechii de mărimi masă-energie.

Ar trebui să se definească, ca expresie algebrică, tensorul energie al cîmpului electromagnetic, printr-o expresie de forma :

$$\sum_{j,k=1}^{n} \varphi^n_{j,k} = \sum_{j,k=1}^{n} \left(\frac{\partial^n \varphi_j}{\partial x^n_k} - \frac{\partial^n \varphi_k}{\partial x^n_j} \right); \quad i,j,k \in n, \quad (15)$$

în care n să reprezinte rangul tensorului (avînd în vedere complexitatea interacţiei), $\varphi^n_{j,k}$ ca expresie a tensorului energie generalizat este mărimea efectului de transformare a unei mase M sub interacţia unui cîmp complex de energie E, în ipoteza în care toate măsurătorile pe care le putem realiza cu mijloacele actuale se referă exclusiv doar la mărimile efectelor de transformare ale masei în interacţia cîmp de energie — cîmp de substanţă, în ideea ecuaţiei de domeniu (frontieră) ;

φ_j şi φ_k fiind mărimile efectelor de transformare ale masei M sub interacţia univocă a cîte unui singur cîmp de energie, electric, respectiv magnetic, x^n_k şi x^n_j sînt elementele tensoriale ale tensorului energie.

În acest caz primul sistem de ecuaţii ale lui Maxwell va fi definit prin ecuaţia tensorială :

$$\sum_{j,k=1}^{n-1} \frac{\partial F_{j,k}}{\partial x^n_k} = \sum_{j=1}^{n-2} J_j; \quad i,j,k \in n \quad (16)$$

în care J_j, cu semnificaţia densităţii de cîmp electric în masa gravifică a conductorului, va fi funcţie de tensorul energie $\varphi^n_{j,k}$; $F_{j,k}$ este mărimea efectului de transformare al masei M sub interacţia cîmpului complex de energie E pentru un sistem considerat închis funcţional, în ideea ecuaţiei de operaţie (cîmp).

Ecuaţia (16) poate fi asimilată ecuaţiei reologice de cîmp (12), $M = f(E)$, iar al doilea sistem de ecuaţii Maxwell va fi definit prin ecuaţia tensorială :

$$\sum_{i,j,k=1}^{n} \left(\frac{\partial \varphi^n_{j,k}}{\partial x^n_i} + \frac{\partial \varphi^n_{k,i}}{\partial x^n_j} + \frac{\partial \varphi^n_{i,j}}{\partial x^n_k} + \dots \right) = 0, \quad (17)$$

$$i,j,k \in n$$

ecuaţie ce poate fi asimilată ecuaţiei reologice de frontieră (9), $f(M, E) = 0$.

În concluzie se poate spune că pentru descrierea unui fenomen fizic într-o bază algebrică cu variabile scalare masă-energie este necesară şi suficientă cunoaşterea a două relaţii fizico-matematice :

1. Prima relaţie, care să postuleze posibilitatea descrierii fenomenelor fizice în cadrul unui sistem închis funcţional, în care principiul conservării energie-masă a fost luat drept condiţie de frontieră. Această relaţie este de forma :

$$f(M_{i,j,k} \dots, E_{i,j,k} \dots) = 0 \quad i,j,k \in n \quad (18)$$

Aici $M_{i,j,k} \dots$ şi $E_{i,j,k} \dots$ sînt tensorii masă, respectiv energie, ale căror elemente formează matrice n-dimensionale.

Considerăm necesar să precizăm că vom numi un sistem închis funcţional un sistem avînd structura formată dintr-un număr n_1 de porţiuni de materie în stare de substanţă şi dintr-un număr n_2 de porţiuni de materie în stare de cîmp, în descrierea sistemului introducîndu-se toate energiile posibile, adică :

— cele n_1 contribuţii de energie cinetică ;

— cele n_2 contribuţii de energie a cîmpurilor ;

— cele $n_1 n_2$ contribuţii de energie de interacţie substanţă-cîmp ;

— cele $C^2_{n_1} + C^3_{n_1} + \dots + C^{n-1}_{n_1}$ contribuţii de energie de interacţie substanţă-substanţă şi

— cele $C^2_{n_2} + C^3_{n_2} + \dots + C^{n-1}_{n_2}$ contribuţii de energie de interacţie cîmp-cîmp.

2. A doua relaţie, care să postuleze o ecuaţie de operaţie ;

$$\frac{\partial M_{i,j,k;} \dots}{\partial E_{i,j,k,} \dots} = f(E_{i,j,k,} \dots); \quad i,j,k \in n, \quad (19)$$

a cărei semnificaţie ar consta într-o generalizare a variaţiei masei cu energie ca expresie a relaţiei de mai sus.

Experimentul nr. 2

Conform [1], [2], [7], [8], [9], [10], [11], [12] şi [13], vom cita în cele ce urmează ansamblul unui experiment privind influenţa ultrasunetelor asupra măririi capacităţii acumulatoarelor (experiment pe care-l considerăm de asemenea inedit), care a fost realizat de Ilie Gavrilă*).

Se consideră că influenţa electrolitului unui acumulator asupra electrozilor are loc ca urmare a difuziei în interfaţa acestora a unor particule bogate în energie, în esenţă a ionilor de H^+ şi OH^-. În urma experimentului făcut s-a pus problema stimulării prin ultrasunete a apariţiei, în soluţia de electrolit a acumulatorului, a unor asemenea particule bogate în energie, cu scopul intensificării fenomenului de difuzie.

În acest scop s-au folosit ultrasunete produse de un generator piezoelectric cu frecvenţa de 1MHz şi o intensitate de 1,9 Wcm^{-2}. S-a ultrasonat electrolitul unor acumulatoare cu Pb şi s-au înregistrat curbele de încărcare şi descărcare a acestora la o intensitate constantă a curentului de încărcare şi descărcare.

Creşterea capacităţii energetice a acumulatorului ultrasonat a fost calculată cu formula :

$$W_t = \frac{\int_0^t I(t) \cdot U(t) \mathrm{d}t - \int_0^{t_0} I_0(t) U_0(t) \mathrm{d}t}{\int_0^{t_0} I_0(t) U_0(t) \mathrm{d}t}, \quad (20)$$

*) lucrează la Universitatea Braşov.

în care cu I_0, U_0 s-au notat intensitatea și tensiunea acumulatorului nostru (neultrasonat).

Rezultatele experimentale arată că în cazul descărcării elementelor de acumulatoare statice *Le* 2 și *Le* 3 (cu capacitate nominală de 24 Ah sau, respectiv, 36 Ah) printr-o rezistență constantă, tensiunea la bornele elementului tratat cu ultrasunete este mai mare decît tensiunea la bornele elementului de referință. Timpul de descărcare a celulei tratate, pînă la 1,8V celula^{-1}, este mai mare decît timpul de descărcare al elementului de referință. Aceleași rezultate se obțin în cazul descărcării la o intensitate constantă a curentului. Înlocuind un acumulator obișnuit cu unul tratat ultrasonic, se obține o creștere de 30—35% a lucrului mecanic realizat, în comparație cu acumulatorul martor (netratat cu ultrasunete).

Dacă se ține seama că reacțiile chimice care generează potențialul electric în elementul de acumulator sînt :

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4 + 2H_2O, \quad (21)$$

se poate afirma că între cantitatea de electricitate debitată de acest element și masa acidului sulfuric care se transformă există o proporționalitate directă. În consecință, pentru viteza de transformare a acidului sulfuric se poate scrie relația :

$$\frac{dm}{dt} = KC(t) \quad (22)$$

Dacă elementul debitează curentul în intervalul de timp $(0,t)$, masa acidului sulfuric transformat va fi dată de :

$$m = K\int_0^t C(t)dt \quad (23)$$

sau

$$m = K\int_0^t I(t)dt, \quad (24)$$

unde I este intensitatea curentului de descărcare. Dacă intensitatea curentului este constantă, atunci (24) devine :

$$m = \frac{KI}{2}t^2 \quad (25)$$

Ținînd seamă de faptul că elementul tratat se descarcă la aceeași intensitate a curentului ca și elementul de referință, rezultă că, dacă $I = I_0$, urmează că masa acidului sulfuric transformat este :

$$m_1 - m_0 = \frac{KI}{2}(t^2 - t_0^2) \quad (26)$$

sau

$$\Delta m = \frac{KI}{2}(t^2 - t_0^2) \quad (27)$$

Din (27) rezultă că la descărcarea elementului tratat reacționează o cantitate mai mare de acid sulfuric cu substanța activă a electrodului, rezultînd o distribuție mai omogenă a sulfatului de plumb.

Procesul de producere a curentului electric este reversibil în acumulatorul cu plumb. Se afirmă că formulele de la (22) la (27) sînt aplicabile și pentru operația de încărcare a acumulatoarelor cu plumb. Astfel, intensificarea procesului de difuzie se consideră că este inițial cauzată de acțiunea ultrasunetelor asupra electrolitului (soluția de acid sulfuric). Ca o consecință a fenomenului cavitațional provocat de energia ultrasonoră, apa răspîndită printre componenții electrolitului se disociază în ioni H^+ și ioni OH^-. Acești ioni sînt foarte bogați în energie, determinînd intensificarea procesului de difuzie la o tensiune de încărcare mai scăzută. În acest proces acidul sulfuric este extras din substanța activă a electrodului în cantitate mai mare în cazul elementelor tratate. Urmare a acestui fapt, electrozii rămîn, atunci cînd sînt încărcați, cu o porozitate mai mare și mai uniformă, fapt ce face să crească suprafața activă a electrodului. În consecință se ajunge la o amplificare a fenomenului de difuzie.

Participarea unui număr mai mare de ioni în procesul de difuzie asigură o desfășurare a acestuia la o tensiune de încărcare mai mică și conduce la o eliminare aproape completă a electrolizei apei din electrolit. Evident, acest fapt conduce la o mai completă încărcare a acumulatorului.

Afirmațiile de mai sus se confirmă prin rezultatele exprimentale. Figura 4 *a* reprezintă caracteristicile de încărcare ale unui element de acumulator *Le*2 supus acțiunii ultrasunetelor, în comparație cu acelea ale unui element normal, de referință. Se observă că tensiunea de încărcare a elementului de referință are valori mai mari decît aceea a elementului tratat, iar această tensiune crește în mod brusc cînd se ajunge la valoarea de electroliză a apei. În practică, încărcarea încetează cu două ore mai devreme decît în cazul elementului tratat. Figura 4 *b* reprezintă caracteristicile de descărcare ale acelorași elemente. Se observă o creștere corespunzătoare a capacității de debitare (perioada de încărcare a elementului tratat este de 30 de ore, iar a celui de referință de 24 ore).

Se observă același fenomen în cazul acumulatoarelor de tracțiune. În figura 5 sînt reprezentate caracteristicile de încărcare și descărcare ale unor baterii de tracțiune, fiecare avînd cîte 12 elemente (o baterie tratată și o baterie de referință) de tip PAS, de 220 Ah capacitate

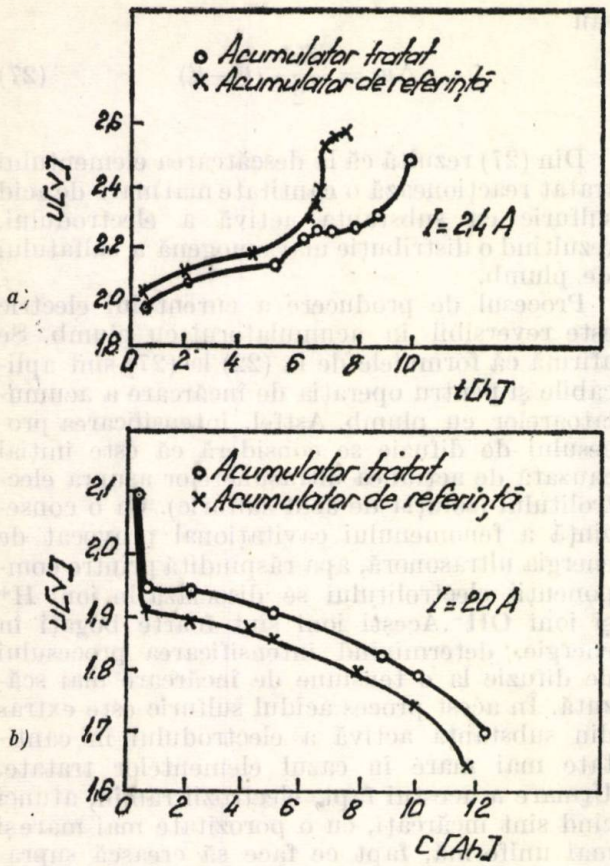


Fig. 4. Caracteristicile acumulatorului *Le* 2
a — la încărcare; *b* — la descărcare.

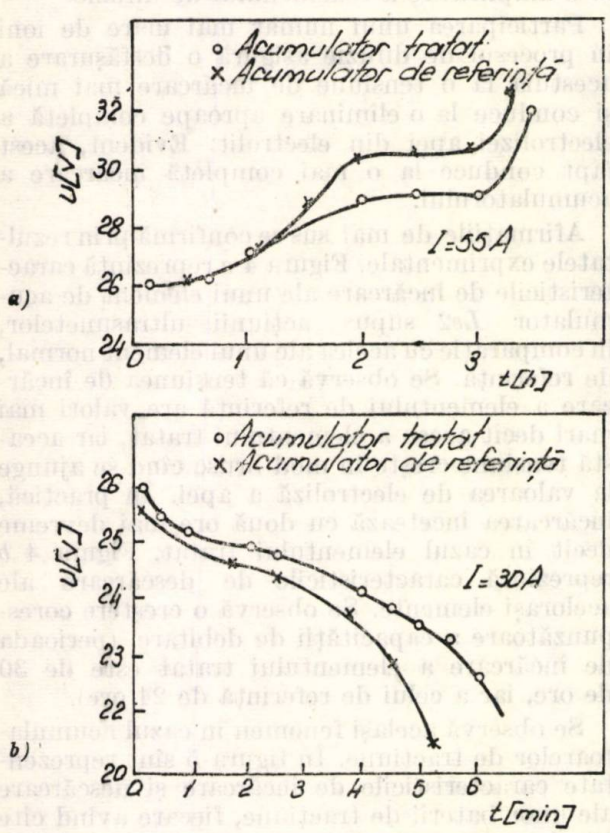


Fig. 5. Caracteristicile acumulatorului PAS.
a — la încărcare; *b* — la descărcare.

nominală (la ciclul nr. 8). Încărcarea ambelor baterii s-a făcut simultan la un curent de încărcare de 55 A. După două ore de încărcare, tensiunea bateriei de referință a atins valoarea-limită, cînd apare electroliza apei, în timp ce pentru bateria tratată s-a atins această limită după trei ore (fig. 5 *a*). La descărcarea ambelor baterii, cu un curent de 30 A, se observă aceeași creștere a capacității de debitare, pentru bateria tratată (fig. 5 *b*).

Discuții la experimentul nr. 2

Se demonstrează astfel că acțiunea ultrasunetelor asupra acumulatoarelor cu plumb mărește capacitatea lor de debitare, în comparație cu acumulatoare identice care nu au fost supuse acțiunii ultrasunetelor.

Cauzele creșterii capacității de debitare a acumulatoarelor cu electrolit supuse ultrasunetelor se datoresc unei mai complete încărcări a acumulatorului, determinată prin acțiunea ultrasunetelor, în mod special asupra electrolitului, iar acesta asigură un proces de difuzie mai intens, ca rezultat al unei creșteri a suprafeței active a electrozilor.

Este de remarcat faptul că îmbunătățirea funcționării acumulatoarelor, în esență îmbunătățirea producerii pe cale electrochimică a unei cantități mai mari de energie (mărirea capacității de debitare cu 12—40% și dublarea vieții acumulatoarelor) poate avea efecte extrem de salutare în reducerea poluării.

Este știut că extragerea și prelucrarea plumbului reprezintă operații și procese tehnologice extrem de nocive, iar reducerea acestora constituie un mare avantaj social.

În generalizarea ipotezelor prezentate referitoare la experimentul nr. 1, menționăm că și acest experiment poate fi încadrat în aceeași concepție unitară a interacției unor cîmpuri cu masa, considerată ca mărime variabilă de cuplaj.

Astfel, reluînd relația (27) și ținînd seamă de faptul că :

$$K = K(U)$$

sau $K = UK'(U)$ și faptul că t este de fapt Δt, se obține :

$$\Delta m = \frac{K'UI\Delta t}{2}\left(\Delta t - \frac{t_0^2}{\Delta t}\right)$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta E} = \frac{K'(U)}{2}\left(\Delta t - \frac{t_0^2}{\Delta t}\right)$$

deci :

$$\frac{\Delta m}{\Delta E} = K(U, \Delta t),$$

adică

$$M = f(E)$$

Experimentul nr. 3

Aşa cum a rezultat din expunerea experimentelor nr. 1 şi 2, se ajunge la concluzia că soluţia problemei abordate nu este de a se obţine energie în cantitate nelimitată, ci de a o folosi raţional, pentru că tot ceea ce depăşeşte limitele raţionalului în utilizare reprezintă un pericol concretizat prin reversul în poluare. Prin amploare, prin cantităţi imense la scara unei ţări, şi cu atît mai mult la scară mondială, orice proces tehnologic se cere reexaminat din punctul de vedere al potenţialului energetic implicat în realizarea lui.

Conform [1] şi [2], se cunoaşte faptul că în deplasarea sa în spaţiu, radiaţia luminoasă, trecînd pe lîngă anumite corpuri cereşti, se curbează, ceea ce înseamnă că există un traiect preferenţial de transmitere a energiei. Acesta se realizează în natură în conformitate cu legile de transformare ale materiei. În esenţă, radiaţia luminoasă se deplasează pe geodezica locului, reprezentînd un traiect de randament optimal al transmiterii energiei.

Aserţiunea anterioară nu este lipsită de semnificaţie pentru activitatea teoreticianului corelată cu activitatea experimentatorului în tehnologie.

Ne referim, în cele ce urmează, pentru exemplificare, la experimentul făcut de Const. Iliescu*) referitor la tehnologia tăierii metalelor [14], [15].

Tăierea metalelor reprezintă un procedeu de dislocare a unor particule din materialul de tăiat prin frecarea unui material mai moale cu unul mai dur. Este evident că în această prelucrare cea mai mare cantitate de energie se iroseşte prin căldură şi numai un procent de 10—15% este utilizat pentru dislocarea particulelor de material în scopul tăierii.

Constatarea este valabilă şi pentru tăierea cu discuri abrazive sau procedee prin aşchiere, procedee care măresc randamentul tăierii, dar nu îl modifică principial.

Aplicarea transmiterii energiei pentru tăiere prin concentrarea tensorului energie pe un traiect anume ales, caz similar cu transmiterea radiaţiei luminoase pe geodezica locului, a condus la rezultate deosebit de interesante. Astfel, după cum se vede în figura 6, se constituie cîmpurile de masă M_1 şi M_2 în deplasare relativă de translaţie unul faţă de celălalt. Pentru a se realiza traiectul preferenţial de transmitere a energiei, la limita celor două cîmpuri se procedează la solidarizarea prin strîngere radială a piesei A în cele două cîmpuri de masă. În momentul în care se acţionează pentru tăiere, prin deplasarea relativă a celor două cîmpuri de mase, energia se transmite şi se transformă într-o proporţie de peste 98% în energie de dislocare a particulelor piesei de tăiat A.

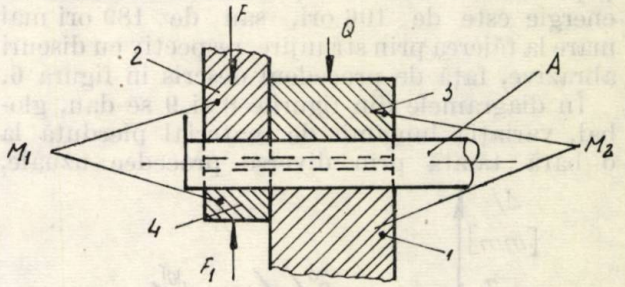


Fig. 6.

În figura 7 se arată trei modalităţi tehnologice de tăiere de precizie a unei bare. În cazul A este redată schema unui procedeu sovietic, în cazul B schema unui procedeu francez, iar

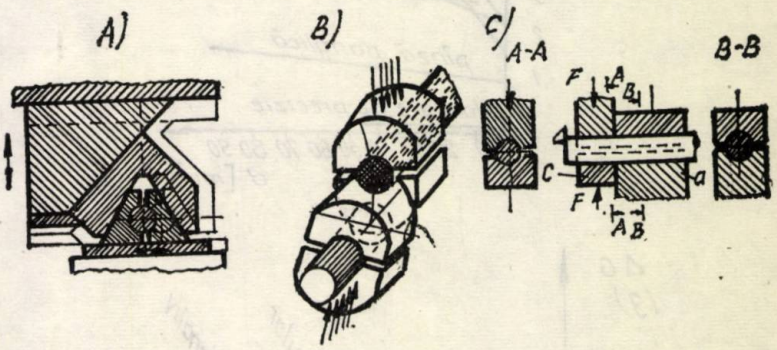


Fig. 7.

în cazul C schema procedeului realizat de cercetătorul Const. Iliescu, reluîndu-se figura 6 detaliată.

Este interesant de arătat un caz de valorificare în producţie prin aplicarea procedeului rezultat din principiul propus. La volumul unei producţii de 500 000 buc./an piese tăiate dintr-o bară de oţel cu diametrul Ø 28 mm şi lungimi respective de 33; 34; 36; 38,5 şi 43 mm, în volum de cîte 100 000 buc. fiecare, s-au obţinut următoarele rezultate:

— productivitatea muncii a crescut cu 250% faţă de tăierea cu disc abraziv şi cu 1875% faţă de tăierea cu cuţitul pe strung;

— pierderile totale de material nule, faţă de o pierdere de 8452 kg la strunjire şi de 9660 kg la tăierea cu disc abraziv;

— costul consumului de scule s-a concretizat astfel: 3566 lei la procedeul descris în figura 6; 21 958 lei la realizarea aceleiaşi operaţii prin strunjire şi 270 795 lei pentru tăierea cu discuri abrazive.

Totalizînd costurile, rezultă că procedeul prezentat în figura 6 este de 14 ori şi, respectiv, de 30 ori mai ieftin decît procedeele de tăiere prin strunjire şi, respectiv, cu discuri abrazive.

*) de la Universitatea din Braşov.

Rezultatul cel mai spectaculos îl prezintă bilanțul energiei consumate, respectiv pierdute, inclusiv prin distrugerea sculelor de prelucrare și pierderi de material, și anume : consumul de energie este de 106 ori, sau de 189 ori mai mare la tăierea prin strunjire, respectiv cu discuri abrazive, față de procedeul descris în figura 6.

În diagramele din figurile 8 și 9 se dau, global, variația lungimii de material pierdută la o bară tăiată prin diverse procedee uzuale,

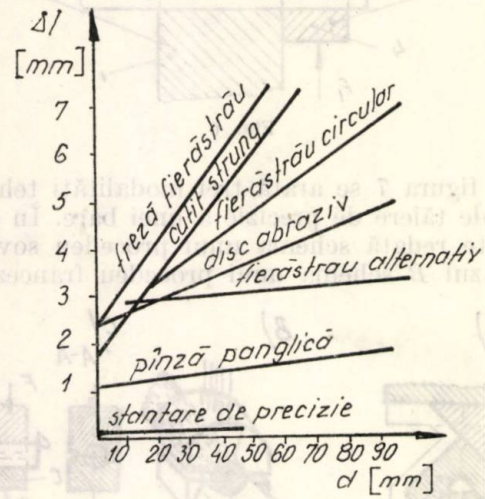


Fig. 8.

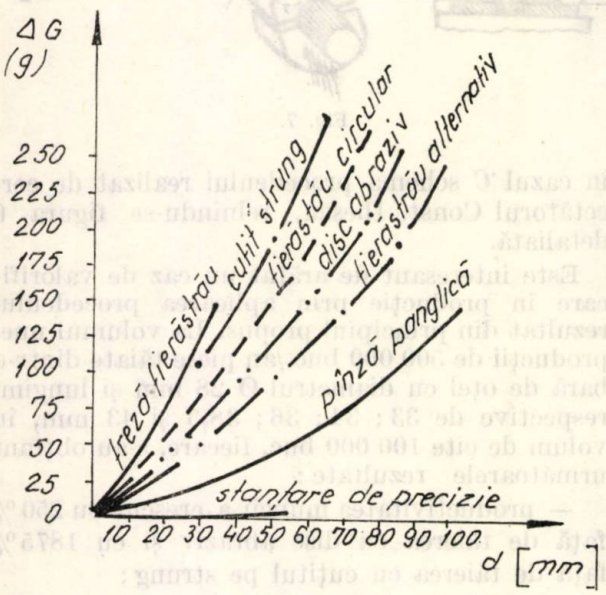


Fig.9.

în comparație cu procedeul cercetătorului Const. Iliescu (fig. 8), și pierderile de materiale în greutate pentru aceeași operație (fig. 9).

Procedeul propus de cercetătorul Const. Iliescu ar îmbrăca cifre și mai spectaculoase la tăierea din bare cilindrice a discurilor necesare fabricării a 40 milioane inele de rulmenți, unde, în plus, față de cazul de aplicare examinat anterior, s-ar exclude și preîncălzirea barelor în cuptor la 1200°C. Avînd în vedere calitatea oțelului din care sînt confecționate, preîncălzirea este obligatorie pentru procedeele clasice de tăiere.

Cele de mai sus vor să demonstreze importanța unei corelări precise a principiilor tehnologiei cu legile de transformare ale materiei, față de o corelare aproximativă.

Discuții la experimentul nr. 3

Rezultatele obținute prin procedeul și instalația prezentate anterior, de asemenea experimentele ample, cu caracter de producție, pe care Const. Iliescu le-a făcut și prin care își verifică și își validează teza și metodologia, evident inedite, pledează pentru faptul că avem de-a face cu o teză nouă, propusă și validată în tehnologie.

În sensul celor de mai sus propunem ca procedeul realizat, un nou fenomen, să se definească astfel :

— Un corp solid, solidarizat prin strîngere radială, pînă la limita de curgere, este dislocat prin forfecare pură, în cazul în care cele două mase au o mișcare de translație relativă una față de alta.

Aplicarea procedeului și a instalației propuse se consideră că poate avea, în tehnologia tăierii, aplicații nelimitate, din punct de vedere al formei piesei de tăiat (bară cilindrică, pătrată, dreptunghiulară etc., țeavă sau orice alt profil geometric mai complicat), al mărimii dimensiunilor cît și al naturii materialului de tăiat.

Concluzii

Primele două experimente dovedesc importanța reanalizării unor aspecte ale teoriilor ce stau la baza realizărilor tehnice contemporane, în scopul utilizării mai complexe a potențialului energetic disponibil în diverse procese.

Al treilea experiment este un exemplu al rezultatelor ce se pot obține prin restructurarea unor concepții clasice într-un domeniu specific, caracterizat printr-o mare risipă de energie — tăierea metalelor.

ANEXĂ

Determinarea parametrilor liniilor electrice aeriene cu ajutorul relațiilor lui Carson-Pollaczek și al coeficienților de potențial

Matricele parametrilor liniilor vor fi matrice pătrate de ordinul n, unde n reprezintă numărul total de conductoare active și de protecție ale liniei în studiu. Matricea inductanță-rezistență se construiește folosind relațiile lui Carson-Pollaczek :

— impedanța proprie :

$$z_{ii} = r_{ii} + j\,\omega\, l_{ii}, \qquad (1)$$

în care

$$r_{ii} = r_i + 10^{-4}\omega \left(\frac{\pi}{2} - 4\sqrt{2}\,\frac{h_i \alpha}{3} \right) \quad [\Omega/\text{km}]$$

$$l_{ii} = \left(4{,}6 \log \frac{3{,}3}{\gamma\alpha \dfrac{d_i}{2}} + 4\sqrt{2}\,\frac{h_i \alpha}{3} \right) 10^{-4} \quad [\text{H/km}]$$

— impedanța mutuală :

$$z_{ij} = r_{ij} + jx_{ij} \tag{2}$$

în care

$$r_{ij} = 10^{-4}\omega\left(\frac{\pi}{2} - 4\sqrt{2}\,\frac{\sqrt{h_i h_j \alpha}}{3}\right) \quad [\Omega/\text{km}]$$

$$l_{ij} = \left(4{,}6\,\log\frac{3{,}3}{\gamma\alpha\, s_{ij}} + 4\sqrt{2}\,\frac{\sqrt{h_i\, h_j\, \alpha}}{3}\right) 10^{-4} \quad [\text{H/km}]$$

unde

r_i este rezistența conductorului măsurată în curent continuu, în Ω ;

d_i — diametrul conductorului i, în cm ;

ω — $2\pi f = 314$ rad/s ;

h_i — înălțimea medie asupra solului a conductorului i, în cm ;

s_{ij} — distanța între conductoarele i și j, în cm ;

γ — constanta lui Bessel $\gamma = 1{,}781$;

$\alpha = \sqrt{2\,\pi\sigma\omega}$

σ — conductivitatea solului, în u.e.m. CGS.

Matricea capacităților liniei se obține inversînd matricea coeficienților de potențial

$$[C] = 2{,}42.10^{-8}[\lambda]^{-1} \quad [\text{F/km}] \tag{3}$$

Matricea coeficienților de potențial se realizează cu ajutorul relațiilor :

$$\lambda_{ii} = \log\frac{2h_i}{r_i}$$

$$\lambda_{ij} = \log\frac{S_{ij}}{s_{ij}} \tag{4}$$

unde

λ_{ii} este coeficientul de potențial propriu ;

λ_{ij} — coeficientul de potențial mutual între conductoarele i și j ;

r_i — raza geometrică a conductorului i ;

h_i — înălțimea medie deasupra solului a conductorului i ;

s_{ij} — distanța între conductoarele i și j ;

S_{ij} — distanța între conductorul i și imaginea față de pămînt a conductorului j.

Cele două matrice sînt de ordinul 5 pentru linii simplu circuit cu două conductoare de protecție și de ordinul 4 pentru cele cu un conductor de protecție.

Pentru a se determina parametrii conductoarelor active, este necesar ca matricele de ordinul $[nn]$ să se reducă la matricele de ordinul [3,3]. Pentru aceasta se elimină din matricea $[nn]$ liniile și coloanele aferente conductoarelor de protecție, evident menținîndu-se influența lor asupra conductoarelor active.

Reducerea se face prin partiționarea matricei parametrilor $[Z]$ sau $[C]$ și utilizarea relației evidente :

$$[A]_{n,n} = \left|\begin{array}{c|c} [A]_{3,3} & [A]_{3,n-3} \\ \hline [A]_{n-3,3} & [A]_{n-3,n-3} \end{array}\right| \tag{5}$$

$$[A]'_{3,3} = [A]_{3,3} - [A]_{3,n-3}\cdot[A]^{-1}_{n-3,n-3}\cdot[A]_{n-3,3} \tag{6}$$

unde $[A]'_{3,3}$ este matricea redusă căutată a conductoarelor active.

Bibliografie

[1] Nitu V. *Accroissement des rendements énergétiques des processus industriels.* Rapport général, Section 1. Conferința Internațională de Energetică Industrială, București, 4—9. IX. 1978.

[2] Forje, A., Munteanu, G., Bogdan, I., Ința, I., Stratulat, V., Simionescu, C.L., Iliescu, C., Stănculescu. Dr., Olariu, V., Chindea, M. E. și Iovănaș, R. *Energy component treatment within the industrial technologic process.* Conferința Internațională de Energetică Industrială, Raport S1/31, București, 4—9, IX, 1978.

[3] Forje, A., Millea, N., Munteanu G., Predan, F. și Bogdan, I. *Asupra descrierii unui fenomen fizic într-o bază algebrică.* Comunicare științifică, Sesiunea de comunicări științifice organizată de Comitetul Român de istoria și filozofia științei al Academiei R.S.R., la Universitatea din Brașov, 14—15 nov. 1975.

[4] Predan, Fl. *Cercetări privind influența stărilor și condițiilor atmosferice asupra valorilor parametrilor electrici ai elementelor sistemului electroenergetic.* Temă de cercetare IECEMENERG, plan 1975.

[5] Predan, Fl. *Elaborarea metodologiei de determinare a influenței tensiunii de funcționare a unei linii asupra parametrilor electrici ai acesteia.* Temă de cercetare ICEMENERG, plan 1976.

[6] Einstein, A. *Teoria relativității.* Editura tehnică, București, 1957.

[7] Gavrilă, I. Doctoral dissertation, University of Bucharest, 1971.

[8] Gavrilă, I. *The influence of ultrasound on the capacity of lead accummulators.* În : Ultrasonics, 16, nr. 4, iulie 1978, p. 156—157, Londra.

[9] Mihu, P. și Gavrilă, I. *Die Verbesserung der elektrischen Charakteristiken der Bleiakkumulatoren durch Behandlung des Elektrolyten mit Ultraschall.* In : Anal. Univ. Bucharest, 21 (1972).

[10] Mihu, P.V. și Gavrilă, I. *Improvement of electric characteristics of lead accumulators under the action of ultrasound.* 4-th National Conference on Acoustics. Bucharest, vol. 2, 1973, p. 265—270.

[11] Gavrilă, I. *Asupra îmbunătățirii caracteristicilor de debitare ale acumulatoarelor de tip Le2.* Lucrări științifice Univ. Brașov 17, 1975, p. 43—48.

[12] Gavrilă, I. *Contribution to the study of galvanic cells with ultrasonic treated electrolyte.* 15th International Conf. on Acoustics. În : Ultrasound, Praha, nr. 2, 1976, p. 155—159.

[13] Mihu, P.V. și Gavrilă, I. *Maintenance of activation effect of accumulators with electrolyte treated with ultrasonics.* 15th Inter. Conf. on Acoustics. In : Ultrasound, Praha, nr. 1, 1976, p. 150—155.

[14] Iliescu, C. *Procedeu pentru debitarea de precizie a barelor.* Brevet R.S.R. nr. 57.032.

[15] Iliescu, C., Tureac, C. și Laszlo, I. *Genau Scherscheneiden von Stangen.* În : Werkstatt und Betrieb, 110, nr. 10, 1977, p. 689—696.

[16] Simionescu, C. L. *Optimal control problems in Sobolev spaces with weights.* În : SIAM J. on Control and Optimization, 14, nr 1, 1976.

[17] Simionesc, u C.L. *Optimal control problems in Sobolev spaces with weights. Numerical approaches. Applications to plasma optimal control and time-delay problems.* Lect. Notes in Comp. Sc. vol. 41, Part 2, Springer Verlag, 1976.

[18] Simionescu, C.L. *Numerical methods for a generalized optimal control problem.* Lect. Notes in Comp. and Inf. Sc. vol. 6, Part 1, Springer Verlag, 1977.

[19] Simionescu, C.L. *Computational aspects for a control problem.* Information processing 77, North Holland Comp. 1977.

[20] Simionescu, C.L. *On a mathematical model in plasma physics.* Proc. of the IV Congr. of General Systems and Cybernetics. Amsterdam, aug. 1978.

[21] Simionescu, C.L. *On a generalized filter problem.* Proc. of MECO 178, Grece.

[22] Forje, A. și Turcu, I. *Considerații asupra unui procedeu și a unei instalații de sudare cu arc electric cu grad de aliere mărit, prin creșterea potențialului de difuzie.* În: Studii și cercetări în energetică, 3, nr. 3, 1973.

[23] Forje, A., Forje, I., Savu, N., Turcu, I. și Stratulat, V. *Procedeu și instalație de sudare cu arc electric cu grad de aliere mărit, prin creșterea potențialului de difuzie.* Brevet R.S.R. nr. 56.072.

[24] Forje, A., Pascu, D., Stratulat, V., Bogdan, I., Demetru, I., Predan, Fl., Forje, I., Ința, I., Simionescu, Cl., Iovănaș, R. și Savu, N. *Procedeu și instalație*

pentru elaborarea oțelurilor și aliajelor speciale cu arc electric. Brevet R.S.R. nr. 67.447.

[25] Forje, A., Stratulat, V., Bogdan, I., Demetru, I., Pascu, D., Forje, I., Predan, Fl., Inţa, I., Savu, N. și Iovănaș, R. *Procedeu și instalație de sudare cu arc electric protejat printr-o descărcare permanentă a unui curent de înaltă frecvență.* Brevet R.S.R. nr. 67.993.

[26] Heissenberg, W. *Introduction to unified field of elementary particles.* New-York, 1966.

[27] Caianiello, E. R. ș.a. *Self-consistent derivation of multiple mass values in renormalized field theories.* Instituto di fisica teorica dell'Universita di Napoli-1969.

[28] Forje, A. și Lemeny Andreescu, I. *Asupra dificultăților și a posibilităților de a elabora o teorie unitară a cîmpurilor.* Comunicare la Sesiunea științifică a cadrelor didactice de la Universitatea din București, 1962.

[29] Forje, A. și Turcu, I. *Asupra posibilităților de reprezentare a transformărilor fizice într-un sistem algebric.* Lucrare nepublicată — 1972.

(Articol intrat în redacție în decembrie 1979)

O metodă cu caracter general de determinare a secțiunilor economice pentru liniile electrice trifazate

Conf. dr. ing. **P. Buhuș***)

1. Scop și premise

Cu ajutorul metodei prezentate se urmărește determinarea secțiunii fazice corespunzătoare unui minim al cheltuielilor actualizate totale — estimate la momentul proiectării a fi necesare pentru realizarea și exploatarea liniei considerate.

Metoda este elaborată pentru cazul — mai general decît cele prezentate pînă acum în literatură — în care fazele se consideră compuse din cîte N căi de curent de secțiune s_M, maxim construită în practică, precum și cîte o a $N+1$ cale de curent cu secțiunea $s < s_M$. Ca urmare, secțiunea fazică totală s_t se consideră de forma :

$$s_t = Ns_M + s \qquad (1)$$

Principalele notații utilizate în lucrare sînt următoarele :

A_0 — componenta investiției pe unitatea de lungime a a traseului, independentă atît de numărul cît și de secțiunea căilor de curent ;

A_C — creșterea investiției specifice — independentă de secțiunea conductoare — în cazul măririi numărului căilor de curent ale fiecărei faze cu cîte o unitate ;

a_S — secțiunea unitară economică corespunzătoare tranzitului unității de putere aparentă la vîrful anual de sarcină ;

CAT_s — cheltuielile actualizate totale în ipoteza unei secțiuni fazice s ;

C_{ex} — valoarea actualizată a cheltuielilor de exploatare care nu depind de consumurile tehnologice ;

CPW — valoarea actualizată a cheltuielilor datorate pierderilor de putere și de energie ;

c_p — costul investiției specifice în centrala care produce consumurile tehnologice ;

c_w — costul specific al consumului tehnologic de energie, corespunzător treptei de tensiune la care urmează a fi exploatat circuitul ;

I_V — curentul tranzitat la vîrful anual de sarcină ;

K — panta de creștere a investiției cu secțiunea unei căi de curent și cu lungimea traseului ;

k_{CS} — factor prin care se ține seama de evoluția probabilă în timp a costului pierderilor de energie, precum și a vîrfurilor anuale de sarcină ; în cazurile în care nu ar fi de așteptat modificări importante ale celor doi parametri, valoarea acestui factor se poate considera egală cu unitatea ;

N — numărul căilor de curent cu secțiune s_M, maxim construită în practică, care intră în compunerea fiecărei faze ;

S_V — puterea aparentă tranzitată la vîrful anual de sarcină ;

s_M — secțiunea constructivă maximă care poate fi utilizată la realizarea unei căi de curent ;

σ — secțiune economică de calcul ;

T_{ts} — mărimea actualizată a duratei de serviciu t_s pentru care se dimensionează linia considerată ;

τ — durata de calcul a consumurilor tehnologice anuale.

2. Componentele cheltuielilor actualizate totale

2.1. *Cheltuielile de investiție*

Studiile efectuate [1] arată că în țara noastră, ca și în numeroase alte țări, investițiile specifice în liniile trifazate de distribuție prezintă o dependență practic liniară în funcție de secțiunea fazică a acestora. Ca urmare, corespunzător secțiunii totale definite prin relația (1), cheltuiala de investiție în unitatea de lungime a traseului unei linii de distribuție poate fi exprimată sub forma :

$$C_i = A_0 + N(A_C + Ks_M) + A_C + Ks \qquad (2)$$

Din examinarea acestei relații se observă că pentru a micșora efortul de investiții — respectiv valoarea termenului $(N+1)A_C$ — secțiunile fazice mari este indicat a fi realizate cu un număr de căi de curent pe cît posibil mai redus. În marea majoritate a cazurilor, soluția cea mai economică se obține în ipoteza relației (1), care presupune utilizarea în principal a căilor de curent de secțiune s_M, maxim construită în practică.

2.2. *Cheltuielile de exploatare care nu depind de consumurile tehnologice*

Vom nota prin C_{ex} valoarea actualizată totală a acestor cheltuieli pe unitatea de lungime a traseului liniei. În principal, ele cuprind costul retribuțiilor, al întreținerii și al reparațiilor.

De regulă, totalul acestor cheltuieli rezultă slab dependent de mărimea secțiunilor conductoare. Valoarea lor este condiționată în special de tipul constructiv al liniilor, de lungimea traseelor și de productivitatea muncii personalului de exploatare.

*) Institutul politehnic București.

Ca și o serie de alți autori [2], [3], [4], [5] și cu o eroare destul de mică, vom considera deci cheltuielile de exploatare C_{ex} — care nu depind de consumurile tehnologice — ca fiind totodată independente de mărimea secțiunilor conductoare.

2.3. *Cheltuielile totale datorate consumurilor tehnologice*

Cheltuielile totale — în valori actualizate și pe unitatea de lungime a traseului circuitului — datorate pierderilor de putere la vîrfurile anuale de sarcină, precum și pierderilor de energie pe întreaga durată de serviciu considerată, pot fi estimate cu ajutorul următoarelor relații :

$$CPW = 3\,R_0 I_V^2 c_{pw} k_{CS} = \frac{\rho c_{pw} k_{CS}}{U_n^2} \cdot \frac{S_V^2}{s_t} \qquad (3)$$

Costul specific c_{pw}, folosit în relația (3) și care include atît investiția specifică în centrale cît și cheltuiala actualizată datorată consumurilor proprii de energie pe întreaga durată de serviciu considerată, are expresia

$$c_{pw} = c_p + c_w \tau\, T_{ts}. \qquad (4)$$

Făcînd notația

$$a_S = \sqrt{\frac{\rho c_{pw} k_{CS}}{K U_n^2}} \qquad (5)$$

și avînd în vedere relația (1), expresia (3) a cheltuielilor totale datorate pierderilor de putere și energie devine :

$$CPW = \frac{K (a_S S_V)^2}{N s_M + s} \qquad (6)$$

3. Cheltuieli actualizate totale și etapizarea minimizării acestora

Totalul cheltuielilor actualizate pe unitatea de lungime a traseului unui circuit cu secțiune totală s_t se obține prin însumarea celor trei componente prezentate în paragraful anterior :

$$CAT_{s_t} = C_i + C_{ex} + CPW \qquad (7)$$

Avînd în vedere expresiile (2) și (6), relația (7) devine

$$CAT_{s_t} = (A_0 + C_{ex}) + N(A_C + K s_M) + (A_C + K s) + \frac{K(a_S S_V)^2}{N s_M + s} \qquad (8)$$

Termenii considerați independenți de valorile celor doi parametri N și s ai secțiunii totale definite prin relația (1) au fost grupați separat, în cadrul primei paranteze din relația(8).

În continuare se pune problema determinării unui ansamblu de valori optime pentru acești doi parametri ai secțiunii fazice, care să conducă la un minim al cheltuielilor exprimate prin relația (8). În acest scop se va avea în vedere faptul că, în raport cu totalul secțiunii fazice, funcția cheltuielilor actualizate totale este continuă doar pe porțiuni, și anume pe intervalele în care $n s_M < s_t < (n+1) s_M$. Depășirea oricăruia dintre aceste intervale, respectiv suplimentarea fazelor cu cîte o nouă cale de curent, implică totodată o creștere în salt a investiției, egală cu valoarea constantă A_C.

Ca urmare, problema determinării unei secțiuni economice urmează să se rezolve în următoarele două etape :

— într-o primă etapă, considerînd cheltuielile CAT_{s_t} ca o funcție continuă în raport cu numărul N al căilor de curent de secțiune maxim construită în practică, se va putea determina o valoare întreagă N_{ec}, optimă pentru acest parametru ;

— într-o a doua etapă se va trece la analiza diferenței de cheltuieli $C_s = CAT_{s_t} - CAT_{N_{ec} s_M}$, care va fi o funcție continuă de secțiunea $s < s_M$ a celei de-a $N_{ec} + 1$ căi fazice de curent.

4. Stabilirea numărului economic de căi de curent cu secțiune maxim construită

Luînd în considerare cheltuielile actualizate totale — exprimate prin relația (8) — ca o funcție continuă în raport cu parametrul N :

$$\frac{\mathrm{d}CAT}{\mathrm{d}N} = A_C + K s_M - \frac{(a_S S_V)^2}{(N_{ec} s_M + s)^2} K s_M = 0, \qquad (9)$$

de unde

$$N_{ec} s_M + s = \frac{a_S S_V}{\sqrt{1 + \frac{A_C}{K s_M}}}. \qquad (10)$$

Împărțind prin valoarea secțiunii s_M, maxim construită în practică,

$$N_{ec} + \frac{s}{s_M} = \frac{a_S S_V}{s_M \sqrt{1 + \frac{A_C}{K s_M}}} \qquad (11)$$

Cu privire la valoarea cîtului din membrul drept al relației (11) vom deosebi două posibilități.

A) Valoarea expresiei (11) rezultă egală cu un întreg. În astfel de cazuri și numărul economic de căi de curent cu secțiune s_M va fi egal cu același întreg, iar secțiunea totală economică $s_{tec} = N_{ec} s_M$.

B) Valoarea fracției din membrul drept al expresiei (11) rezultă a nu face parte din mulțimea numerelor întregi. În toate aceste cazuri,

numărul economic de căi de curent cu secţiune maxim construită în practică este egal cu partea întreagă a cîtului considerat, respectiv :

$$N_{ec} = \text{ÎNTREG}\,\frac{a_S S_V}{\sigma_M} \qquad (12)$$

Pentru calculele practice, secţiunea maximă de calcul σ_M, corespunzătoare secţiunii maxime construite s_M, poate fi tabelată cu ajutorul relaţiei :

$$\sigma_M = s_M \sqrt{1 + \frac{A_C}{K s_M}} \qquad (13)$$

Avînd în vedere premisa $s < s_M$, luată în considerare la stabilirea relaţiei (1), de această dată totalul secţiunii economice ar putea fi $s_{tec} \geqslant N_{ec} s_M$. Totodată este cert că $s_{tec} < (N_{ec} + 1) s_M$.

5. Determinarea secţiunilor economice de calcul totală şi a celei de-a $N_{ec}+1$ căi de curent

Cheltuielile C_s, care depind de secţiunea s a celei de-a $N_{ec}+1$ căi de curent, se pot obţine prin scăderea din totalul cheltuielilor exprimate prin relaţia (8) a următoarelor două componente :

— cheltuielile corespunzătoare celor N_{ec} căi de curent de secţiune maxim construită

$$CAT_{N_{ec} s_M} = (A_0 + C_{ex}) + N_{ec}(A_C + K s_M) + K \frac{(a_S S_V)^2}{N_{ec} s_M} \qquad (14)$$

— componenta constantă A_C a investiţiei în cea de-a $N_{ec} + 1$ cale de curent.

În final se obţine următoarea expresie :

$$C_s = Ks + K(a_S S_V)^2 \left[\frac{1}{N_{ec} s_M + s} - \frac{1}{N_{ec} s_M} \right] \qquad (15)$$

Această funcţie este continuă pe intervalul $0 < s < s_M$ şi deci minimul ei poate fi determinat prin derivare :

$$\frac{dC_s}{ds} = K \left[1 - \frac{(a_S S_V)^2}{(N_{ec} s_M + \sigma)^2} \right] = 0 \qquad (16)$$

Din relaţia (16) rezultă

$$\sigma_t = N_{ec} s_M + \sigma = a_S S_V \qquad (17)$$

În cele ce urmează, mărimile de calcul notate prin σ şi care minimizează cheltuielile actualizate totale, în ipoteza că acestea sînt considerate a fi o funcţie continuă în raport cu secţiunile conductoare, vor fi denumite *secţiuni economice de calcul.*

Mărimea σ_t reprezintă un total al secţiunii economice de calcul, care este corespunzător întregului tranzit de putere la vîrf, S_V, şi respectiv tuturor căilor de curent care intră în compunerea unei faze.

Secţiunea economică de calcul corespunzătoare celei de-a $N_{ec} + 1$ căi de curent se deduce din relaţia (17) :

$$\sigma = \sigma_t - N_{ec} s_M. \qquad (18)$$

6. Indicatorii secţiunea unitară economică a_S şi densitatea economică de curent

Conform relaţiei (17), mărimea totală a secţiunii economice de calcul σ_t este proporţională cu valoarea indicatorului a_S. Vom conveni ca acest indicator — definit anterior prin relaţia (5) — să-l denumim *secţiune unitară economică.*

De menţionat că între acest indicator şi clasica densitate economică de curent, j_{ec}, există relaţia :

$$a_S j_{ec} = \frac{1}{\sqrt{3}\, U_n} \qquad (19)$$

Dintre aceşti doi indicatori, ne exprimăm preferinţa pentru folosirea secţiunii unitare economice. Consumurile şi tranzitul pe linii fiind mult mai frecvent exprimate în puteri decît în curenţi, considerăm că utilizarea indicatorului a_S — tabelat în mm^2/kVA sau, respectiv, mm^2/MVA — este mai intuitivă şi totodată mai comodă, atît pentru proiectare cît şi pentru estimările ulterioare cu privire la economicitatea liniilor aflate în exploatare.

7. Condiţiile de eficienţă ale celei de-a $N_{ec} + 1$ căi de curent

Conform relaţiilor (15)—(18), criteriul de determinare a secţiunii economice de calcul σ l-a reprezentat minimizarea cheltuielilor C_s. Acestea reprezintă însă dar o parte din totalul cheltuielilor actualizate, corespunzătoare întregului ansamblu al căilor de curent care ar urma să intre în compunerea fiecărei faze.

Prin urmare, în cele ce urmează mai trebuie verificat că extremul determinat pentru fracţiunea C_s reprezintă totodată şi un minim pentru totalul cheltuielilor actualizate exprimate prin relaţia (8). În acest scop este necesar şi suficient să se examineze diferenţa dintre cheltuielile actualizate totale corespunzătoare următoarelor două ipoteze :

— cazul teoretic în care s-ar folosi totalul secţiunii economice de calcul σ_t definit prin

relaţia (17), ipoteză în care relaţia (8) devine :

$$CAT\sigma_t = (A_0 + C_{ex}) + (N_{ec} + 1)A_c + \\ + K\,(N_{ec}s_M + \sigma) + K\frac{(a_S S_V)^2}{N_{ec}s_M + \sigma} \qquad (20)$$

— cazul în care s-ar renunţa la utilizarea celei de-a $N_{ec} + 1$ căi de curent şi deci

$$CAT_{N_{ec}s_M} = (A_0 + C_{ex}) + N_{ec}A_C + KN_{ec}s_M + \\ + K\frac{(a_S S_V)^2}{N_{ec}s_M} \qquad (21)$$

Făcînd diferenţa dintre cheltuielile exprimate prin relaţiile (20) şi (21)

$$D = A_C - K\sigma\left[\frac{(a_S S_V)^2}{N_{ec}s_M\,(N_{ec}s_M + \sigma)} - 1\right], \qquad (22)$$

iar în final, avînd în vedere relaţia (17), se obţine

$$D = A_C - \frac{K\sigma^2}{N_{ec}s_M} \qquad (23)$$

Pentru ca adoptarea celei de-a $N_{ec} + 1$ căi de curent să rezulte eficientă, este necesar ca diferenţa

$$D = CAT_{\sigma_t} - CAT_{Necs_M} \geqslant 0 \qquad (24)$$

Aceasta implică următoarea condiţie de eficienţă pe care trebuie s-o satisfacă secţiunea economică de calcul σ determinată cu expresia (18) :

$$\sigma \geqslant \sigma_{N_{ec}} \qquad (25)$$

în care, conform relaţiei (23) :

$$\sigma_{N_{ec}} = \sqrt{\frac{A_C}{K}s_M N_{ec}} \qquad (26)$$

Indicatorul $\sigma_{N_{ec}}$ reprezintă pragul minim începînd de la care secţiunea de calcul economică pentru cea de-a $N_{ec} + 1$ cale de curent considerată individual rezultă totodată eficientă în cadrul ansamblului căilor de curent care ar urma să intre în compunerea fiecărei faze. Începînd de la valoarea $\sigma_{N_{ec}}$ efortul de investiţii în cea de-a $N_{ec} + 1$ cale de curent ajunge să fie egalat şi apoi depăşit de valoarea actualizată a economiilor care sînt de aşteptat a fi obţinute prin micşorarea suplimentară a pierderilor.

Prin indicele N_{ec}, care s-a ataşat acestui indicator, s-a urmărit sublinierea faptului că valoarea sa depinde de mărimea anterior determinată a numărului economic de căi de curent cu secţiune s_M, maxim construită în practică. În legătură cu aceasta mai considerăm util a fi făcute două observaţii.

În cazurile în care dimensionarea se face pentru un tranzit de sarcină la vîrf nu prea ridicat, în aşa fel încît să rezulte $N_{ec}=0$, conform relaţiilor (26) şi (17) $\sigma_0 = 0$, iar $\sigma_t = \sigma = a_S S_V$. Ca urmare, în astfel de cazuri nu mai are sens să se verifice oportunitatea unicei căi de curent, iar ca secţiune economică a acesteia, din scala valorilor normalizate se alege valoarea cea mai apropiată de secţiunea economică de calcul $\sigma = a_S S_V$.

O a doua observaţie se referă la faptul că valorile indicatorului $\sigma_{N_{ec}}$ cresc odată cu numărul economic de căi de curent cu secţiune maxim construită, s_M. Avînd în vedere semnificaţia acestui indicator, rezultă că adoptarea celei de-a $N_{ec} + 1$ căi de curent s-ar putea dovedi eficientă numai în cazul unor valori nu prea ridicate ale lui N_{ec}, respectiv doar atîta timp cît

$$\sigma_{N_{ec}} < s_M. \qquad (27)$$

În cazurile în care corespunzător lui N_{ec}, determinat anterior, $\sigma_{N_{ec}} > s_M$, rezultă că la secţiuni fazice atît de mari valoarea actualizată a economiilor care s-ar putea obţine prin micşorarea pierderilor nu ar ajunge să recupereze investiţia necesară pentru cea de-a $N_{ec} + 1$ cale de curent. Ca urmare, în astfel de cazuri secţiunea totală economică este $s_{tec} = N_{ec}s_M$.

Concluzii

1. Indiferent de numărul căilor de curent care ar putea rezulta necesar pentru realizarea unei faze, parametrii N_{ec} şi s_{ec} ai secţiunii economice totale pot fi determinaţi cu ajutorul următorilor trei indicatori : secţiunea unitară economică, a_S, definită prin relaţia (5), şi totodată indicatorii σ_M şi $\sigma_{N_{ec}}$, ale căror valori pot fi tabelate cu ajutorul relaţiilor (13) şi, respectiv, (26).

2. *Algoritmul de aplicare a metodei propuse* este prezentat mai jos, în ipoteza că pentru tipul de linie considerat se dispune de valorile celor trei indicatori, tabelate în prealabil.

2.1. Se determină mărimea totală a secţiunii economice de calcul

$$\sigma_t = a_S S_V \qquad (A.1)$$

2.2. Se stabileşte numărul ecoomic de căi de curent cu secţiune s_M maxim construită în practică.

$$N_{ec} = \hat{I}NTREG\,\frac{\sigma_t}{\sigma_M} \qquad (A.2)$$

2.3. Se testează oportunitatea adoptării celei de-a $N_{ec}+1$ căi de curent, verificînd următoarele două condiţii :

$$\sigma_{N_{ec}} < s_M \qquad (A.3)$$

și respectiv

$$\sigma = \sigma_t - N_{ec} s_M > \sigma_{Nec} \qquad (A.4)$$

2.4. Se alege secțiunea economică s_{ec} a celei de-a $N_{ec} + 1$ căi, adoptîndu-se treapta cea mai apropiată de valoarea secțiunii economice de calcul σ.

2.5. Secțiunea totală economică

$$s_{tec} = N_{ec}\, s_M + s_{ec} \qquad (A.5)$$

Soluțiile cu $N_{ec} + 1$ căi de curent mai pot fi uneori optimizate prin împărțirea în mod egal a totalului secțiunii economice între cele $N_{ec} + 1$ căi de curent.

Exemplu de calcul

Datele inițiale

Se consideră alimentarea în cablu la 380 V a unui consum de vîrf $S_V = 75$ kVA cu o durată de utilizare de ordinul a 5000 ore/an.

În cazul liniior în cablu ACYABY 1 kv : $s_M = 240$ mm², $A_C = 20\,000$ lei/km și $K = 578$ lei/km.mm².

Secțiunea unitară economică determinată cu relația (5) : $a_S = 5$ mm²/kVA.

Aplicarea algoritmului propus

1. Totalul secțiunii economice de calcul

$$\sigma_t = a_S S_V = 5 \times 75 = 375 \text{ mm}^2$$

2. Numărul economic de căi de curent cu secțiune s_M, maxim construită în practică,

$$N_{ec} = INTREG \frac{\sigma_t}{\sigma_M} = \frac{375}{256{,}7} = 1,$$

în care

$$\sigma_M = s_M \sqrt{1 + \frac{A_c}{K s_M}} = 240 \sqrt{1 + \frac{20\,000}{578 \times 240}} = 256{,}7 \text{ mm}^2$$

3. Testarea oportunității adoptării celei de-a $N_{ec} + 1$ căi de curent.

Indicatorul pentru testare

$$\sigma_{Nec} = \sqrt{\frac{A_c}{K} s_M N_{ec}} = \sqrt{\frac{20\,000}{578}\ 240 \times 1} = 91{,}1 \text{ mm}^2$$

Verificarea celor două condiții de eficiență

$$\sigma_{Nec} = 91{,}1 \text{ mm}^2 < s_M = 240 \text{ mm}^2$$

și respectiv

$$\sigma = \sigma_t - N_{ec} s_M = 375 - 1 \times 240 = 135 \text{ mm}^2 > \sigma_{Nec}$$

confirmă oportunitatea economică a celei de-a doua căi de curent.

4. Avînd în vedere valoarea obținută pentru secțiunea economică de calcul a celei de-a doua căi de curent, se poate alege $s_{ec} = 120$ mm².

5. Secțiunea totală economică

$$s_{tec} = N_{ec} s_M + s_{ec} = 1 \times 240 + 120 \text{ mm}^2.$$

Exemplul de față reprezintă însă unul din cazurile în care totalul secțiunii economice poate fi împărțit în mod egal între cele două căi de curent care au rezultat economic a fi adoptate. Ca urmare, este de preferat soluția

$$s_{tec} = 2 \times 185 \text{ mm}^2,$$

avînd în vedere o serie de avantaje pe care le-ar putea oferi în montaj și în exploatare, cu o creștere a investiției doar de 2%. Totodată, în cazul particular al exemplului considerat, acest spor de investiții — pentru mărirea secțiunii fazice de la 360 mm² la 370 mm² — se justifică și prin reducerea decalajului secțiunii constructive față de secțiunea economică de calcul $\sigma_t = 375$ mm².

Bibliografie

[1] Buhuș, P. și Comănescu, Gh. *Cercetări privind secțiunile economice ale conductoarelor pentru distribuția energiei electrice prin circuite trifazate de 1—110 kV. Premise și indicatori tehnico-economici de bază pentru prescripția PE 135/1980.* Institutul politehnic București, martie 1979.

[2] Pospelov, G. E. și Fedin, V. T. *Proektirovanie elektriceskih setei i sistem.* Minsk, Vișeișaia școla, 1978.

[3] * * *. PE 135/1975. *Instrucțiuni privind determinarea secțiunii economice a conductoarelor în instalațiile electrice de distribuție de 1—110 kV.* București, ICEMENERG, 1975.

[4] Bercovici, M., Arie, A. și Poeată, Al. *Rețele electrice. Calculul electric.* Editura tehnică, București, 1974.

[5] * * * Société industrielle de liaisons électriques. *Catalogue général 1977.* Paris, 1976.

(Articol intrat în redacție la 10 septembrie 1979)

Parametrii cablurilor în regim de scurtcircuit monofazat. Reactanțe inductive

Ing. **Al. Tănăsescu**
și dr. ing. **T. Ișfanu***)

1. Generalități

Caracteristicile electrice ale cablurilor, exprimate în mărimi complexe, sînt necesare pentru :

— calculul electric în condiții normale de exploatare ;

— calculul curenților de scurtcircuit.

Din punct de vedere practic, un interes deosebit îl prezintă cablurile trifazate cu manta comună și cablurile monofazate cu manta separată, folosite la realizarea liniilor electrice trifazate cu un singur circuit, simetric sau simetrizat.

Un cablu se caracterizează prin :

— parametri longitudinali, rezistența și reactanța inductivă ;

— parametri transversali, conductanța și susceptanța.

Folosind notațiile standardizate, se poate scrie :

$$\underline{Z} = R + jX \quad [\Omega.\mathrm{km}^{-1}] \qquad (1)$$

$$\underline{Y} = G - jB \quad [\mathrm{S}.km^{-1}]$$

În lucrare se stabilesc relațiile necesare pentru calculul reactanțelor inductive într-o concepție nouă, plecînd de la fenomenele fizice ce au loc în timpul funcționării unui cablu electric. De asemenea, forma în care se prezintă aceste relații este specifică tehnicii de calcul bazată pe metoda componentelor simetrice.

La deducerea expresiilor de calcul pentru parametrii cablurilor, s-au folosit mărimi recent introduse în literatura de specialitate, cunoscute sub denumirea de elemente de geometrie a cablurilor [1], [18], [22].

2. Geometria cablurilor

Distanța dintre conductoare, respectiv conductoare și mantale în circuitele de cabluri, este o mărime importantă în determinarea reactanței, rezistenței de izolație, capacității, curentului de sarcină și a rezistenței termice.

2.1. *Raza medie geometrică*

Raza medie geometrică este o mărime de calcul dedusă din egalitatea energiei magnetice aferentă cîmpului intern al unui conductor fizic de rază r și energia magnetică a unui tub de flux magnetic avînd raza interioară egală cu raza medie geometrică, iar cea exterioară egală cu raza conductorului.

În figura 1 este dat modul de interpretare a acestei mărimi.

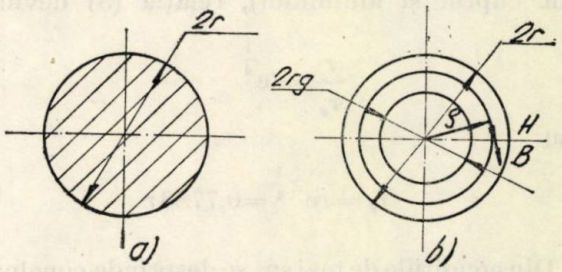


Fig. 1. Razele, fizică și de calcul, ale unui conductor.
a — conductorul cu raza r ; *b* — tubul cu raza echivalentă r_g.

Energia magnetică W_{mc} înmagazinată în conductorul de rază r și permeabilitate $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$, pe unitatea de lungime, este dată de relația [1] :

$$W_{mc} = \frac{\mu}{16\,\pi} i^2 = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{16\,\pi} i^2 \qquad (2)$$

Energia magnetică W_{mt} înmagazinată în tubul cu razele r și r_g se determină prin integrarea produsului $\frac{BH}{2}$ pe unitatea de lungime a acestuia.

Din legea circuitului magnetic (fig. 1 *b*), se poate scrie :

$$H\rho = \frac{i}{2\,\pi\rho} \qquad (3)$$

Din electrotehnică este cunoscută relația :

$$B\rho = \mu_0 \cdot H\rho = \mu_0 \frac{i}{2\pi\rho}$$

și deci :

$$W_{mt} = \frac{1}{2}\int_{r_g}^{r} H\rho \cdot B\rho \cdot \mathrm{d}V = \frac{1}{2}\int_{r_g}^{r} \frac{i}{2\pi\rho}\,\mathrm{d}\rho =$$

$$= \frac{\mu_0}{2}\,\frac{i^2}{2\pi}\int_{r_g}^{r} \frac{\mathrm{d}\rho}{\rho} = \frac{\mu_0 i^2}{4\pi}\Big|\ln\rho\Big|_{r_g}^{r} =$$

$$= \frac{\mu_0 i^2}{4\pi}\Big|\ln r - \ln r_g\Big| = \frac{\mu_0 i^2}{4\pi}\ln\frac{r}{r_g} \qquad (4)$$

Egalînd expresiile (2) și (4), se obține :

$$\frac{\mu_0 \mu_r i^2}{16\pi} = \frac{\mu_0 i^2}{4\pi}\ln\frac{r}{r_g}$$

sau

$$\ln\frac{r}{r_g} = \frac{\mu_r}{4},$$

*) Ing. Al. Tănăsescu este șeful Secției cercetare-proiectare din Centrala Industrială de Rețele Electrice ; dr. ing. Teofil Ișfanu este șeful Atelierului de proiectare tehnologică din cadrul Secției cercetare-proiectare din C.I.R.E.

de unde rezultă :

$$\frac{r}{r_g} = e^{\frac{\mu r}{4}} \tag{5}$$

Dacă, $\mu_r = 1$ (materiale nemagnetice, cum sînt cuprul şi aluminiul), relaţia (5) devine :

$$\frac{r}{r_g} = e^{\frac{1}{4}}$$

sau

$$r_g = re^{-\frac{1}{4}} = 0{,}7788\,r \tag{6}$$

Din condiţiile de mai sus se desprinde concluzia că un conductor de cupru sau aluminiu masiv cu raza r, din punct de vedere magnetic, poate fi înlocuit cu un conductor tubular teoretic, a cărui rază interioară este 0,788 r.

În cele ce urmează, în loc de r_g, raza medie geometrică se va nota cu RMG_{1c} dacă se referă la un singur conductor, respectiv cu RMG_{3c} dacă se referă la trei conductoare.

2.2. *Distanţa medie geometrică dintre faze*

Pentru calculul reactanţei inductive, distanţele dintre conductoare sau între conductoare şi învelişurile metalice (mantale, ecrane, armături) sînt elemente constructive hotărîtoare.

În scopul simplificării acestui calcul, fluxul total aferent unui conductor se împarte în mod convenţional [22] în două componente, şi anume :

— un flux în interiorul unui cilindru, coaxial cu conductorul, cu raza de 30 cm, denumit „flux interior" ;

— un flux în exteriorul acestui cilindru, pînă la calea de întoarcere a curentului, dincolo de care nu mai există flux net, denumit „flux exterior".

Fluxul din exteriorul cilindrului este funcţie de separaţia dintre conductor şi întoarcere. Calea de întoarcere poate fi formată dintr-un conductor sau dintr-un ansamblu de conductoare paralele. În acest din urmă caz, în calcule se poate folosi o medie geometrică a tuturor separărilor între conductor şi fiecare întoarcere, denumită distanţă medie geometrică echivalentă, DMG, care în cazul cablurilor trifazate se notează cu DMG_{3c}.

În figura 2 este dată geometria cablurilor trifazate folosite în mod curent.

În cazul conductoarelor dispuse în vîrfurile unui triunghi echilateral (fig. 2 a şi b) se poate scrie :

$$DMG_{3c} = S \tag{7}$$

În cazul conductoarelor dispuse altfel, însă transpuse pe lungimea lor, astfel încît să formeze un circuit simetrizat (fig. 2c), distanţa medie geometrică este dată de relaţia :

$$DMG_{3c} = \sqrt[3]{S_{ab} \cdot S_{bc} \cdot S_{ca}} \tag{8}$$

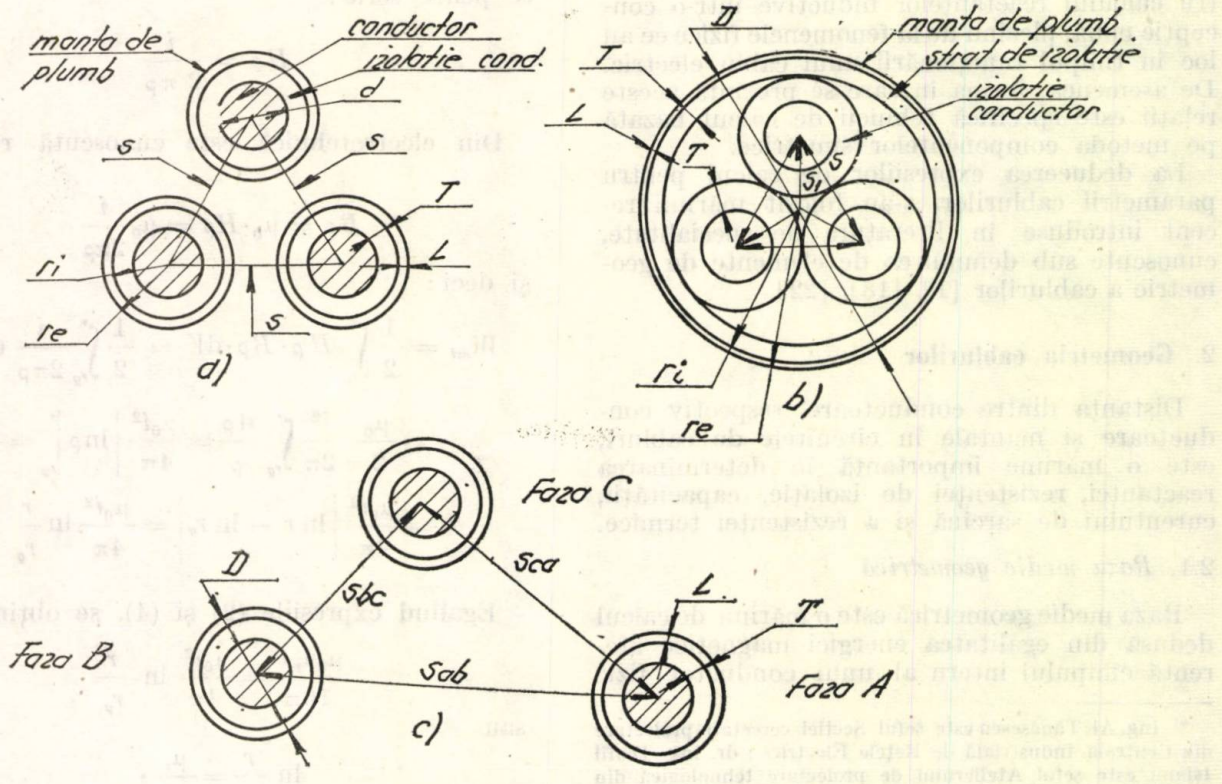


Fig. 2. Geometria cablurilor trifazate.

2.3. *Factorul geometric*

În calculul unor caracteristici ale cablurilor, capacitatea, curentul de sarcină, pierderile dielectrice ş.a, apar expresii care sînt funcţii de diametrele cilindrilor formaţi de suprafaţa exterioară a conductorului şi suprafaţa interioară a învelişului metalic.

Elementul comun al acestor expresii îl constituie mărimea cunoscută sub denumirea de „factor geometric" [22], notată cu F_g.

În cazul cablurilor monofazate, factorul geometric are forma [22]:

$$F_g = 2{,}303 \lg_{10} \frac{2\, r_i}{d}, \tag{9}$$

unde

r_i este raza interioară a învelişului metalic, în cm;

d — diametrul exterior al conductorului, în cm.

Pentru cablurile trifazate cu cîmp radial, ecranate pe fază, cu conductoarele fazelor rotunde, factorii geometrici sînt identici cu cei ai cablurilor monofazate.

Pentru celelalte cabluri se definesc, în principiu, mai mulţi factori geometrici. În literatura de specialitate [22] sînt date valorile unor asemenea factori.

3. Influenţa învelişurilor metalice asupra parametrilor conductoarelor cablurilor

Curenţii alternativi din conductoarele cablurilor monofazate dau naştere la fluxuri variabile în timp, care induc tensiuni electromotoare în învelişurile metalice. Dacă acestea sînt continue şi legate împreună la capete, curenţii ce se formează, ca urmare a tensiunilor electromotoare induse, se scurg longitudinal, dezvoltînd pierderi suplimentare. Aceste pierderi pot fi evidenţiate prin creşterea rezistenţei conductoarelor cablurilor.

În condiţiile de mai sus, învelişul metalic al unui cablu monofazat, lucrînd într-un sistem trifazat, poate fi reprezentat prin schema echivalentă din figura 3.

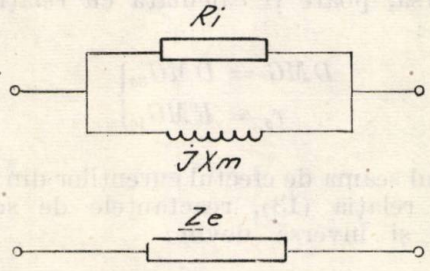


Fig. 3. Schema echivalentă a învelişului cablului monofazat.

În schema din figura 3 semnificaţia notaţiilor este următoarea:

R_i —rezistenţa în c.a. a învelişului, în $\Omega \cdot km^{-1}$;

X_m —reactanţa inductivă mutuală între conductor şi înveliş, în $\Omega.km^{-1}$;

$\underline{Z}_e$ —impedanţa echivalentă, în $\Omega.km^{-1}$.

Dacă se notează

$$\left.\begin{aligned} \underline{Z}_1 &= R_i \\ \underline{Z}_2 &= jX_m \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

se poate scrie:

$$\frac{1}{\underline{Z}_e} = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} \tag{11}$$

sau

$$\underline{Z}_e = \frac{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} = \frac{R_i \cdot jX_m}{R_i + X_m} = \frac{jR_i X_m (R_i - jX_m)}{R_i^2 + X_m^2} = \frac{X_m^2 R_i}{R_i^2 + X_m^2} + \frac{jX_m R_i^2}{R_i^2 + X_m^2} \tag{12}$$

Componenta activă a impedanţei echivalente constituie rezistenţa suplimentară echivalentă a conductorului, ca urmare a pierderilor în înveliş, iar componenta reactivă, reactanţa suplimentară echivalentă a acestuia.

În condiţiile de mai sus se poate scrie:

$$\left.\begin{aligned} R_e &= \frac{X_m^2 R_i^2}{R_i^2 + X_m^2} \\ X_e &= \frac{X_m R_i^2}{R_i^2 + X_m^2} \end{aligned}\right\} [\Omega.km^{-1}] \tag{13}$$

şi deci rezistenţa conductorului în curent alternativ, R_c, devine:

$$R_c = R + R_e = R + \frac{X_m^2 R_i}{R_i^2 + X_m^2} [\Omega.\, km^{-1}], \tag{14}$$

în care R este rezistenţa în curent alternativ a conductorului, ţinînd seama de ceilalţi factori care conduc la creşterea ei faţă de rezistenţa în curent continuu (efectul pelicular, efectul de proximitate ş.a.), exclusiv efectul curenţilor din înveliş.

3.1. *Rezistenţa învelişului sub formă de manta de plumb*

Învelişul realizat sub formă de manta de plumb se prezintă ca un tub, cu raza exterioară, r_e şi raza interioară r_i.

Rezistenţa este dată de relaţia:

$$R_i = \rho \frac{1}{s} = \rho \frac{1}{\pi(r_e^2 - r_i^2)} = \frac{0{,}252 \cdot 1000 \cdot 10^{-2}}{3{,}14\,(r_e + r_i)\,(r_e - r_i)} = \frac{0{,}80254}{(r_e + r_i)\,(r_e - r_i)} [\Omega \cdot km^{-1}] \tag{15}$$

În relația (15) razele r_e și r_i se măsoară în cm.

3.2. *Reactanța mutuală între conductor și înveliș*

Reactanța mutuală între conductor și înveliș este dată de relația [1]:

$$X_m = \omega M = \omega \frac{\mu_0 l}{2} \ln \frac{DMG}{r_m} \ [\Omega], \qquad (16)$$

în care

l este lungimea cablului, în m;
DMG — distanța medie geometrică, în cm;
r_m — raza medie a mantalei de plumb, în cm.

În cazul nostru, considerînd un circuit în lungime de 1 km, format din trei cabluri monofazate dispuse în vîrfurile unui triunghi echilateral, și ținînd seama de relația:

$$r_m = \frac{r_e + r_i}{2}, \qquad (17)$$

în care r_e și r_i au semnificația precizată la punctul 3.1, se poate scrie:

$$X_m = \omega M = 2\pi \cdot 50 \frac{f}{50} \frac{4\pi 10^{-7} \cdot 1000}{2\pi} \cdot$$

$$\cdot 2{,}303 \lg_{10} \frac{2S}{r_e + r_i} = \qquad (18)$$

$$= 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{2S}{r_e + r_i} \ [\Omega \cdot \text{km}^{-1}],$$

unde S este distanța medie geometrică dată de relația (7), iar f—frecvența rețelei, în s^{-1}. S, r_e și r_i se măsoară în cm.

Dacă cele trei cabluri monofazate nu sînt dispuse în vîrfurile unui triunghi echilateral, în locul lui S se folosește, cu rezultate suficient de precise, DMG_{3c}, dată de relația (8).

Cunoscînd parametrii R_i și X_m, se pot calcula R_e și X_e cu relațiile (13).

Din literatura de specialitate [22] rezultă că pierderile în înveliș într-un cablu trifazat sînt relativ mici, cu excepția celor cu secțiuni foarte mari, cînd se aproximează la 3—5% din pierderile în conductor.

4. Reactanțele de secvență directă și inversă

4.1. *Componenta reactanței aferentă fluxului exterior*

În cap. 2, pct. 2.2, s-a precizat că fluxul total aferent unui conductor se împarte în flux interior și flux exterior, raportat la un cilindru cu raza de 30 cm.

Componenta reactanței inductive determinată de fluxul din afara cilindrului de reper cu raza de 30 cm se notează cu X_s [22].

Reactanța unui conductor de fază dintr-un sistem trifazat cu un singur circuit este dată de relația [1]:

$$X = \omega L = \omega \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{DMG}{r_g}, \qquad (19)$$

în care

l este lungimea conductorului, în m;
DMG — distanța medie geometrică echivalentă, în cm;
r_g — raza medie geometrică, în cm.

În relația (19), dacă r_g este chiar raza cilindrului de reper, $r_{cr} = 30$ cm, se obține componenta reactanței conductorului aferentă fluxului exterior. Folosind sistemul internațional de unități de măsură SI, relația (19) devine:

$$X_s = X = 2\pi f \cdot \frac{\mu_0 \cdot l}{2\pi} \ln \frac{DMG_{3c}}{r_{cr}} =$$

$$= 2\pi \cdot 50 \frac{f}{50} \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot 1000 \cdot 2{,}303 \lg_{10} \cdot$$

$$\cdot \frac{DMG_{3c}}{30} = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{DMG_{3c}}{30} \ [\Omega \cdot \text{km}^{-1}]. \qquad (20)$$

Dacă separarea echivalentă este mai mică decît $r_{cr} = 30$ cm, așa cum se întîmplă de regulă în cazul cablurilor, X_s este negativ și deci se scade din componenta reactanței inductive a conductorului datorită fluxului interior cilindrului de reper.

4.2. *Cabluri monofazate, în montaj de linii trifazate cu un singur circuit*

Reactanța cablurilor monofazate cu manta de plumb, față de curenții de secvență directă și inversă, poate fi calculată cu relația (19), în care:

$$\left.\begin{aligned} DMG &= DMG_{3c} \\ r_g &= RMG_{1c} \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

Ținînd seama de efectul curenților din înveliș, X_e din relația (13), reactanțele de secvență directă și inversă devin:

$$X_d = X_i = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{DMG_{3c}}{RMG_{1c}} -$$

$$- \frac{X_m R_i^2}{X_m^2 + R_i^2} \ [\Omega \cdot \text{km}^{-1}], \qquad (22)$$

sau, ținînd seama de cele două componente ale fluxului conductorului unei faze, interior și exterior cilindrului de 30 cm, se poate scrie :

$$X_d = X_i = X_a + X_s - \frac{X_m R_i^2}{X_m^2 + R_i^2}, \quad (23)$$

în care

X_a este reactanța aferentă fluxului din interiorul cilindrului cu raza de 30 cm ;

X_s — reactanța aferentă fluxului din exteriorul cilindrului cu raza de 30 cm.

Ținînd seamă de (19) și (20), relațiile de calcul pentru cele două reactanțe devin :

$$X_a = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{30}{RMG_{1c}} \ [\Omega \cdot \text{km}^{-1}] \quad (24)$$

$$X_s = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{DMG_{3c}}{30} \ [\Omega \cdot \text{km}^{-1}]$$

4.3. *Cabluri trifazate*

Din literatura de specialitate [18], [22] rezultă că, în cazul acestor cabluri, efectul curentului din înveliș este neglijabil.

Reactanțele inductive de secvență directă și inversă se calculează cu aceleași relații, și anume :

$$X_d = X_i = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{DMG_{3c}}{RMG_{1c}} \ [\Omega \cdot \text{km}^{-1}],$$

sau (25)

$$X_d = X_i = X_a + X_s, \quad (26)$$

în care X_a și X_s se calculează cu relațiile (24).

Relațiile de calcul pentru raza medie geometrică RMG_{1c} și distanța medie geometrică DMG_{3c} au fost analizate și prezentate în cap. 2 al lucrării.

5. Rezistența și reactanța de secvență homopolară

Curenții de secvență homopolară din conductoarele de fază ale unui circuit de cabluri trifazate se întorc fie prin pămînt, fie prin învelișuri, sau simultan, atît prin pămînt cît și prin învelișuri. Curentul de secvență homopolară parcurge rezistența în c.a. a conductoarelor, iar la întoarcerea prin pămînt sau învelișuri întîlnește rezistența acestor căi. De asemenea, curentul de secvență homopolară dintr-o fază întîmpină reactanța inductivă proprie și mutuală, față de conductoarele celorlalte două faze, față de pămînt, căile de întoarcere prin pămînt și învelișuri, respectiv reactanța proprie a căilor de întoarcere.

Efectele rezistenței și reactanței inductive sînt legate atît de strîns, încît este cel mai bine să fie tratate simultan.

Învelișurile cablurilor sînt frecvent legate și puse la pămînt în mai multe puncte, ceea ce permite ca o mare parte din curentul de întoarcere de secvență homopolară să circule prin acestea. De asemenea, dacă se folosesc elemente de rețea cu efect de limitare a curentului prin înveliș, o mare parte, sau tot curentul de secvență homopolară, se scurge prin pămînt. Rezultă deci că într-o situație reală poate avea loc una dintre următoarele alternative :

— tot curentul de întoarcere prin pămînt, nimic prin înveliș ;

— tot curentul de întoarcere prin înveliș, nimic prin pămînt ;

— curentul de întoarcere prin înveliș și prin pămînt în paralel.

5.1. *Cabluri trifazate cu înveliș comun*

5.1.1. *Impedanța conductoarelor cu considerarea întoarcerii prin pămînt și neglijarea prezenței învelișului.* În figurile 4 *a* și *b* sînt date circuitul real și circuitul echivalent pentru un cablu trifazat avînd învelișul solid legat și pus la pămînt.

În această ipoteză se neglijează prezența învelișului.

Impedanța homopolară a unui conductor din grupul de trei conductoare rezultă din schema fluxurilor din figura 5.

Din figura 5 *a* se observă că fluxul total care străbate suprafața limitată de conturul format de conductorul *1* al sistemului trifazat și întoarcerea prin pămînt este un multiplu de trei al fluxului care străbate bucla formată din conductorul cu raza echivalentă RMG_{3c} și întoarcerea prin pămînt.

În asemenea condiții, impedanța conductorului *1* are forma [22] :

$$\underline{Z}_c = R_c + 3R_p + \\ + j.0{,}4335 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{D_e}{RMG_{3c}} [\Omega \cdot \text{km}^{-1}], \quad (27)$$

unde

R_c este rezistența în c.a. a unui conductor, în $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$;

R_p — rezistența în c.c. a întoarcerii prin pămînt, în $\Omega . \text{km}^{-1}$;

D_e — distanța la calea echivalentă de întoarcere prin pămînt, în cm ;

RMG_{3c} — raza medie geometrică a căii compuse din cele trei conductoare, luate ca un grup, în cm

RMG_{3c} se poate calcula, pentru conductoare cu secțiune circulară dispuse în triunghi echilateral, cu relația [22] :

$$RMG_{3c} = \sqrt[3]{(RMG_{1c})S^2} \quad (28)$$

în care S este distanța medie geometrică pentru un circuit cu conductoarele dispuse în vîfurile unui triunghi echilateral, în cm.

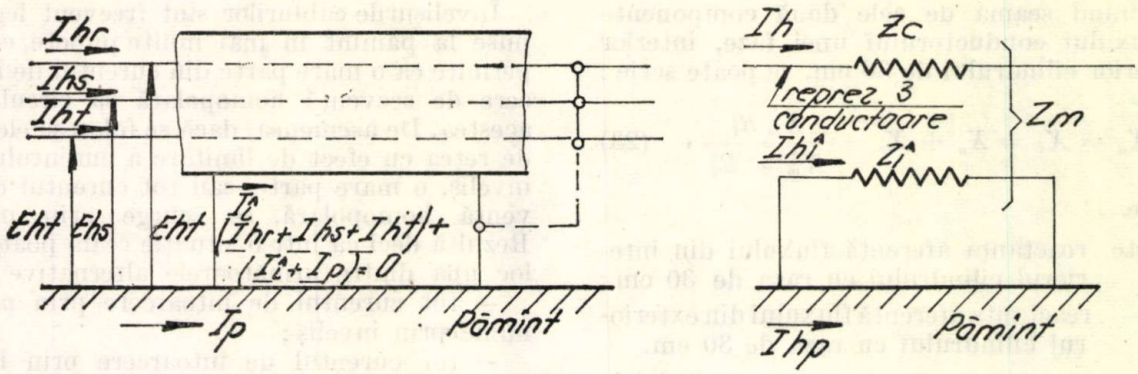


Fig. 4. Cablu trifazat cu înveliș comun.
a — circuit real; *b* — circuit echivalent.

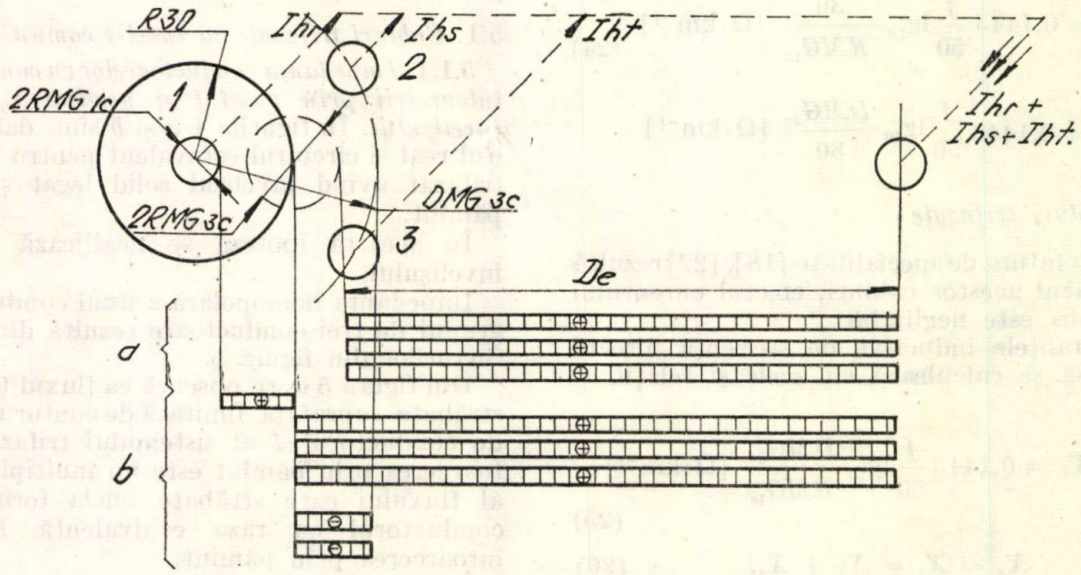


Fig. 5. Schema fizică a fluxurilor aferente reactanței homopolare.
a — cu luarea în considerare a RMG_{3c}; *b* — cu luarea în considerare a RMG_{1c}, DMG_{3c} și a tubului cu $R = 30$ cm.

Din figura 5 *b* se observă că fluxul total care străbate suprafața limitată de conturul de mai sus este format din fluxul conductorului *1* în limita cilindrului cu raza de 30 cm, la care se adună fluxul întoarcerii prin pămînt limitat la raza de 30 cm a aceluiași conductor, multiplicat de trei ori, și apoi se scade fluxul aferent conductoarelor *2* și *3* cuprins între cilindrul cu raza de 30 cm și distanța medie geometrică a celor trei conductoare.

În asemenea condiții se poate scrie [22]:

$$\underline{Z}_c = R_c + 3R_p + \mathrm{j}(X_a + 3X_p - 2X_s)\ [\Omega\cdot\mathrm{km}^{-1}] \quad (29)$$

unde

X_a este reactanța unui conductor de fază pînă la cilindrul cu raza de 30 cm, în $\Omega\cdot\mathrm{km}^{-1}$;

X_p — reactanța întoarcerii prin pămînt, în $\Omega\cdot\mathrm{km}^{-1}$;

X_s — componenta în spațiu a reactanței, în $\Omega\cdot\mathrm{km}^{-1}$.

Ținînd seama de precizările din capitolele precedente, se poate scrie:

$$X_p = 0{,}1445\,\frac{f}{50}\lg_{10}\frac{D_e}{30}\ [\Omega\cdot\mathrm{km}^{-1}] \quad (30)$$

$$X_s = 0{,}1445\,\frac{f}{50}\lg_{10}\frac{DMG_{3c}}{30}\ [\Omega\cdot\mathrm{km}^{-1}], \quad (31)$$

în care DMG_{3c} este distanța medie geometrică între centrele celor trei conductoare ale cablului, în cm.

5.1.2. *Impedanța învelișului cu considerarea întoarcerii prin pămînt și neglijarea prezenței conductoarelor.* În acest caz bucla este formată din înveliș și calea de întoarcere prin pămînt. Raportată la sistemul homopolar de curenți, dacă prin pămînt curentul de întoarcere este zero, prin înveliș trece un curent $3I_h$, iar căderea de tensiune este:

$$\Delta\underline{U}_i = Z_i \cdot 3\underline{I}_h = \underline{I}_h \cdot 3\underline{Z}_i \quad (32)$$

Deci în expresia tensiunii homopolare, impedanța învelișului $\underline{Z}_i$ se multiplică cu factorul 3.

În asemenea condiții, impedanța buclei înveliș-pământ este:

$$\underline{Z}_i = 3(R_i + R_p) + j \cdot 0{,}4335 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{D_e}{\frac{r_e + r_i}{2}} =$$

$$= 3(R_i + R_p) + j \cdot 0{,}4335 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{2D_e}{r_e + r_i} \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (33)$$

în care

R_i este rezistența învelișului, în $\Omega \cdot km^{-1}$;
r_i — raza interioară a mantalei, în cm;
r_e — raza exterioară a mantalei, în cm;
D_e — distanța la calea echivalentă de întoarcere prin pământ, în cm.

Impedanța de mai sus poate fi scrisă și sub forma:

$$\underline{Z}_i = 3(R_i + R_p) + j3(X_i + X_p) [\Omega \cdot km^{-1}], \quad (34)$$

unde X_p este dată de relația (30), iar X_i, reactanța inductivă a învelișului, se calculează cu formula:

$$X_i = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{2 \cdot 30}{r_e + r_i} =$$

$$= 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{60}{r_e + r_i} \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (35)$$

5.1.3. *Impedanța mutuală între conductoare și înveliș, cu considerarea prezenței căii de întoarcere prin pământ*

$$\underline{Z}_m = 3R_p + j \cdot 0{,}4335 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{D_e}{\frac{r_e + r_i}{2}} = \quad (36)$$

$$= 3R_p + j \cdot 0{,}4335 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{2D_e}{r_e + r_i}$$

sau

$$\underline{Z}_m = 3R_p + j \cdot 3 (X_i + X_p) \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (37)$$

În condițiile de mai sus, în figura 6 este dată schema echivalentă general valabilă.

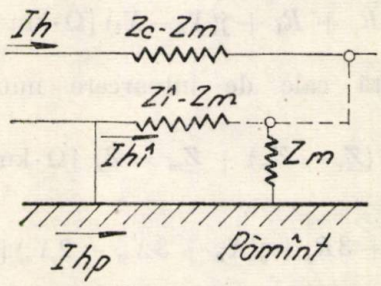


Fig. 6. Circuit echivalent general valabil.

Din circuitul din figura 6 se poate deduce impedanța homopolară în diversele situații posibile, și anume:

— există căi de întoarcere atît prin înveliș, cît și prin pământ, în paralel:

$$\underline{Z}_h = (\underline{Z}_c - \underline{Z}_m) + \frac{(\underline{Z}_i - \underline{Z}_m)\underline{Z}_m}{(\underline{Z}_i - \underline{Z}_m) + \underline{Z}_m} =$$

$$= \underline{Z}_c - \underline{Z}_m + \frac{(\underline{Z}_i - \underline{Z}_m)\underline{Z}_m}{\underline{Z}_i} \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (38)$$

sau

$$\underline{Z}_h = R_c + j(X_a - 3X_i - 2X_s) +$$

$$+ \frac{R_i[3R_p + j3(X_i + X_p)]}{R_i + R_p + j(X_i + X_p)} \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (39)$$

— există cale de întoarcere numai prin înveliș:

$$\underline{Z}_h = \underline{Z}_c - \underline{Z}_m + \underline{Z}_i - \underline{Z}_m = \underline{Z}_c + \underline{Z}_i - 2\underline{Z}_m$$

$$[\Omega \cdot km^{-1}] \quad (40)$$

sau

$$\underline{Z}_h = R_c + 3R_i + j(X_a - 3X_i - 2X_s) \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (41)$$

— există cale de întoarcere numai prin pământ:

$$\underline{Z}_h = \underline{Z}_c - \underline{Z}_m + \underline{Z}_m = \underline{Z}_c \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (42)$$

sau

$$\underline{Z}_h = R_c + 3R_p + j(X_a + 3X_p - 2X_s) \; [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (43)$$

5.2. *Cabluri monofazate*

În figura 7 este prezentat un ansamblu de trei cabluri monofazate, constituind un circuit trifazat complet transpus, cu învelișurile legate între ele și puse la pământ.

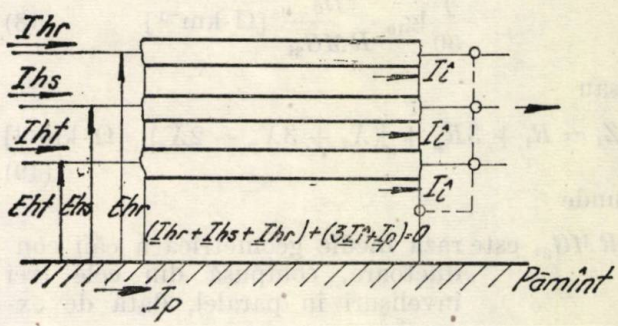


Fig. 7. Circuit real cu trei cabluri monofazate.

5.2.1. *Impedanța unui conductor, cu considerarea întoarcerii prin pământ și neglijarea prezenței învelișului*, este dată de relația [22]:

$$\underline{Z}_c = R_c + 3R_p + j \cdot 0{,}4335 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{D_e}{RMG_{3c}}$$

$$[\Omega \cdot km^{-1}] \quad (44)$$

sau

$$\underline{Z}_c = R_c + 3R_p + j(X_a + 3X_p - 2X_s) \ [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (45$$

unde

R_c este rezistența în c.a. a unui conductor, în $\Omega \cdot km^{-1}$;

R_p — rezistența în c.a. a întoarcerii prin pămînt, în $\Omega \cdot km^{-1}$;

D_e — distanța la calea echivalentă de întoarcere prin pămînt, în cm;

RMG_{3c} — raza medie geometrică a căii conductoare compusă din cele trei conductoare reale, luate ca un grup, dată de relația:

$$RMG_{3c} = \sqrt[3]{(RMG_{1c})(DMG_{3c})^2},$$

în cm;

X_a — reactanța unui conductor de fază aferentă fluxului pînă la cilindrul cu raza de 30 cm, în $\Omega \cdot km^{-1}$;

X_p — reactanța căii de întoarcere prin pămînt, dată de relația:

$$X_p = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{D_e}{30} \ [\Omega \cdot km^{-1}]; \quad (46)$$

X_s — componenta în spațiu a reactanței, dată de relația:

$$X_s = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{DMC_{3c}}{30} \ [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (47)$$

5.2.2. *Impedanța învelișului, cu considerarea întoarcerii prin pămînt și neglijarea prezenței conductoarelor*, este dată de relația [22]:

$$\underline{Z}_i = R_i + 3R_p + j \cdot 0{,}4335 \cdot$$

$$\cdot \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{De}{RMG_{3i}} \ [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (48)$$

sau

$$\underline{Z}_i = R_i + 3R_p + j(X_i + 3X_p - 2X_s) \ [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (49)$$

unde

RMG_{3i} este raza medie geometrică a căii conductoare, compusă din cele trei învelișuri în paralel, dată de expresia:

$$RMG_{3i} = \sqrt[3]{\frac{r_e + r_i}{2}(DMG_{3c})^2}, \text{ în cm}; \quad (50)$$

R_i — rezistența unui înveliș, $\Omega \cdot km^{-1}$;

r_i — raza interioară a învelișului, în cm;

r_e — raza exterioară a învelișului, în cm;

X_i — reactanța unui înveliș, dată de relația:

$$X_i = 0{,}1445 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{2 \cdot 30}{r_e + r_i} \ [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (51)$$

5.2.3. *Impedanța mutuală între conductor și înveliș, cu considerarea prezenței căii de întoarcere prin pămînt*, este dată de relația [22]:

$$\underline{Z}_m = 3R_p + j \cdot 0{,}4335 \frac{f}{50} \lg_{10} \frac{D_e}{DMG_{3c-3i}} \ [\Omega \cdot km^{-1}],$$

sau (52)

$$\underline{Z}_m = 3R_p + j(3X_p + X_i - 2X_s) \ [\Omega \cdot km^{-1}], \quad (53)$$

unde DMG_{3c-3i} este media geometrică a tuturor separațiilor între învelișuri și conductoare, dată de relația:

$$DMG_{3c-3i} = \sqrt[9]{\left(\frac{r_e + r_i}{2}\right)^3 (DMG_{3c})^6} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{r_e + r_i}{2}(DMG_{3c})^2}, \text{ în cm.} \quad (54)$$

Cu precizările de mai sus din circuitul echivalent (fig. 6) se deduce impedanța totală de secvență homopolară, după cum urmează:

— există căi de întoarcere atît prin înveliș, cît și prin pămînt:

$$\underline{Z}_h = (\underline{Z}_c - \underline{Z}_m) + \frac{(\underline{Z}_i - \underline{Z}_m)\underline{Z}_m}{\underline{Z}_i} = \quad (55)$$

$$= \underline{Z}_c - \frac{\underline{Z}_m^2}{\underline{Z}_i} \ [\Omega \cdot km^{-1}]$$

sau

$$\underline{Z}_h = R_c + j(X_a - X_i) +$$

$$\frac{R_i \cdot [3R_p + j(X_i + 3X_p - 2X_s)]}{R_i + 3R_p + j(X_i + 3X_p - 2X_s)} [\Omega \cdot km^{-1}]; \quad (56)$$

— există cale de întoarcere numai prin înveliș:

$$\underline{Z}_h = \underline{Z}_c - \underline{Z}_m + \underline{Z}_i - \underline{Z}_m = \underline{Z}_c +$$

$$+ \underline{Z}_i - 2\underline{Z}_m \ [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (57)$$

sau

$$\underline{Z}_h = R_c + R_i + j(X_a - X_i) \ [\Omega \cdot km^{-1}]; \quad (58)$$

— există cale de întoarcere numai prin pămînt:

$$\underline{Z}_h = (\underline{Z}_c - \underline{Z}_m) + \underline{Z}_m = \underline{Z}_c \ [\Omega \cdot km^{-1}] \quad (59)$$

sau

$$\underline{Z}_h = R_c + 3R_p + j(X_a + 3X_p - 2X_s) \ [\Omega \cdot km^{-1}]$$

(60)

Concluzii

Parametrii cablurilor electrice pot fi determinaţi pe cale de calcul dacă se cunosc caracteristicile dimensionale, cele ale izolaţiei şi funcţionale, respectiv modul de realizare a liniilor electrice aferente.

Prin modul în care au fost stabilite şi deduse reactanţele ce intervin în calculul impedanţelor directe, inverse şi homopolare, se prind într-o formă foarte apropiată de realitate valorile parametrilor cablurilor în variantele de execuţie analizate. De asemenea, calculele ce se fac au valabilitate generală, adaptările la specificul de realizare a unei anumite reţele în cablu putîndu-se face prin coeficienţi.

Din studiile făcute s-a desprins posibilitatea ca cele patru reactanţe, X_a, X_s, X_i şi X_p, folosite în relaţiile de calcul al impedanţelor cablurilor, să fie determinate şi pe cale de măsurări, ceea ce permite o verificare reciprocă a celor două metode de determinare a impedanţelor : *pe cale de calcul, respectiv prin măsurări.*

Relaţiile de calcul date în lucrare prezintă şi avantajul de a permite folosirea parametrilor astfel determinaţi în calcule cu metoda componentelor simetrice.

Bibliografie

[1] Bercovici, M., Arie, A. şi Poeată, Al. *Reţele electrice. Calculul electric.* Editura tehnică, Bucureşti, 1974.

[2] Clarke, E. *Analiza circuitelor sistemelor electroenergetice* (traducere selectivă din limba engleză). Editura tehnică, Bucureşti, 1973.

[3] Favraud, J. *Fonctionnement et protection des réseaux de distribution,* EdF, 1967.

[4] Timotin, A. ş.a. *Lecţii de bazele electrotehnicii.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1970.

[5] Sora, C. *Bazele electrotehnicii* vol. 3, partea I, Inst. politehnic „Traian Vuia", Timişoara, 1976.

[6] Sora, C. *Bazele electrotehnicii* vol. 3, partea I. Inst. politehnic „Traian Vuia", Timişoara, 1977.

[7] Mauduit, A. *Installations électriques à haute et basse tension,* tome I, Dunod, Paris, 1964.

[8] Mauduit, A. *Installations électriques à haute et basse tension,* tome II. Dunod, Paris.

[9] Mauduit, A. *Installations électriques à haute et basse tension,* tome III. Dunod, Paris, 1969.

[10] Pélissier, R. *Les réseaux d'énergie électrique,* tome I, Dunod, Paris, 1971.

[11] Pélissier, R. *Les réseaux d'énergie électrique,* tome II. Dunod, Paris, 1971.

[12] Ulianov, S.A. *Regimuri tranzitorii ale sistemelor electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1967.

[13] Tănăsescu, Al. şi Işfanu, T. *Consideraţii teoretice privind supratensiunile şi circulaţia curenţilor în cazul scurticircuitelor monofazate din reţelele de medie tensiune cu neutrul tratat prin rezistenţă.* Consfătuire, Piteşti, 1977.

[14] Simmons, D. M. *Probleme ale calculului electric pentru cablurile subterane,* The Electric Journal vol. 29, noiembrie 1932.

[15] Botth, H.C. Hutchinqu, E.E. şi Whithead, S. *Curenţi nominali şi impedanţele cablurilor în clădiri şi nave.* În : I.E.E. Journal, vol. 83, octombrie, 1938.

16] Cheek, R.C. *Impedanţa homopolară a cablurilor cu trei conductoare paralele.* În : Electric Light and Power, octombrie, 1948.

[17] Salter, E.H., Shanklin, G.B. şi Wiseman, R. J. *Rezistenţa şi reactanţa cablurilor cu trei conductoare.* AIEE Transactions vol. 53, 1934.

[18] Boast, W. B. *Transpunerea şi calculul inductanţei cu utilizarea distanţei medii geometrice* A.I.E.E. Transactions, vol. 69, Part. II.

[19] Kalantarov, P.L. şi Teithin, L. A. *Calculul inductanţelor,* traducere din limba rusă. Editura Tehnică Bucureşti, 1958.

[20] Höppner, H. şi Lau, H. *Probleme de proiectare şi exploatare legate de aplicarea legării la pămînt prin rezistenţe de valoare mică a neutrului reţelelor în cablu de medie tensiune.* Elektrie 29 (1975) H7, H8.

[21] * * * NELA *Ghidul reţelelor subterane,* 1931.

[22] * * * Westinghouse Electric Corporation Pennsylvania. *Ghidul reţelelor electrice de transport şi distribuţie,* 1964.

(Articol intrat în redacţie la 24 februarie 1979)

Evitarea producerii rezonanţei filtrelor de absorbţie cu reţeaua

Ing. **Em. Cocoş**[*)]

Se cunosc condiţiile de bază pentru dimensionarea filtrelor de absorbţie (FA) :

— de formare a circuitelor rezonanţă serie (CRS) pe armonicile la care se realizează compensarea regimului deformant ;

$$\omega_m^2 \cdot L_m \cdot C_m = 1 \qquad (1)$$

— de evitare a circuitelor rezonanţă derivaţie (CRD) ale FA cu reactanţa reţelei :

$$\omega^2 \cdot C_m \cdot (L_m + L^\circ) \neq 1, \qquad (2)$$

ω corespunzînd unei armonici existente la bara de racord a FA.

Aceste două condiţii rezultă din rezolvarea circuitului echivalent (fig. 1*b*) schemei reale de conectare a unui FA cu un singur element, pe armonica de ordin m (fig. 1*a*).

Notaţiile folosite au următoarele semnificaţii :

Σ_{i_ν} —sursa de curenţi armonici (consumator deformant) ;

L_m, C_m —componentele CRS_m ;

L° —inductanţa echivalentă a reţelei, corespunzătoare reactanţei de scurtcircuit a sistemului pe bara (B) ;

ω_1 —pulsaţia oscilaţiei fundamentale.

Apariţia *CRD* are loc pentru frecvenţa :

$$\omega_d = \omega_1 \cdot d = \frac{1}{\sqrt{(L^\circ + L_m)C_m}} \qquad (3)$$

*) Ing. Emanoil Cocoş lucrează în cadrul Centrului de perfecţionare a lucrătorilor din M.E.E. — Constanţa.

Schema din figura 1 *b* reprezintă un caz idealizat. S-au adoptat următoarele premise simplificatoare :

— rezistența rețelei se neglijează în raport cu reactanța ($L^\circ \cdot m \cdot \omega_1 \gg R^\circ$) ;

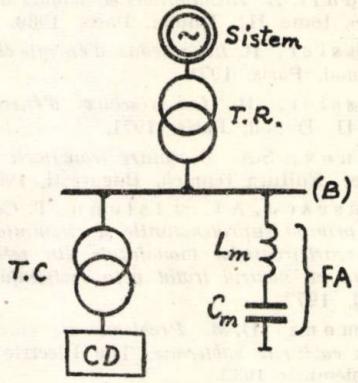


Fig. 1*a*. Schemă de conectare a unui FA cu un singur element, la o bară (*B*) din care se alimentează un consumator deformant, *CD*.

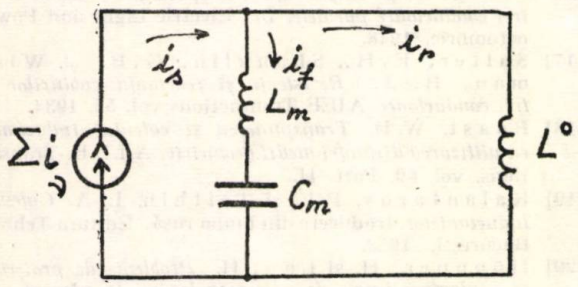


Fig. 1 *b*. Circuitul echivalent al schemei din figura 1 *a*.

— rezistența CRS_m se neglijează în raport cu reactanța, pentru orice $\nu \neq m$; pentru $\nu = m$, rezistența R_m limitează curentul prin treapta de filtrare m ;

— curenții armonici generați de sursa deformantă nu depind de caracteristicile rețelei, echivalentă cu o inductanță constantă.

Este evident că, pentru frecvențele de acord ale CRS, nu poate apărea rezonanța derivație, dar pentru alte frecvențe, multiple întregi ale frecvenței rețelei, este posibilă [3]. Creșterea curenților și tensiunilor pe armonica de rezonanță, în rețea și pe elementele FA, poate conduce la suprasolicitarea și uneori deteriorarea componentelor mai sensibile ale instalațiilor (condensatoare, izolația aparatelor etc.), la declanșarea FA prin protecțiile de tensiune maximă și suprasarcină, la perturbarea receptoarelor din zonă, prin deformarea undei de tensiune.

În legătură cu efectele rezonanței derivație, se menționează [4] măsurătorile efectuate asupra unei rețele puternic încărcate, unde curentul de armonici a fost generat de redresoare. S-a constatat o creștere a curentului pe armonica de rezonanță, în rețea și în circuitele de compensare, de trei ori în raport cu cel generat de sursa deformantă.

Pentru evitarea apariției CRD între reactanța FA și reactanța rețelei, valorile inductanțelor L_m și capacităților C_m se aleg astfel încît frecvențele de rezonanță să rezulte fracționare și cît mai îndepărtate de armonicile existente la bara respectivă și pentru care FA nu conține CRS [1], [2].

La analiza condițiilor de apariție a CRD pentru cazul unui FA cu mai multe elemente, este necesar să se calculeze admitanța fiecărui element m, pe frecvența oarecare ν :

$$\underline{Y}_{\nu m} = \frac{1}{\mathrm{j}L_m\omega + \dfrac{1}{\mathrm{j}C_m\,\omega}} = \mathrm{j}\cdot\frac{1}{X_m\left(\dfrac{m}{\nu}-\dfrac{\nu}{m}\right)} \qquad (4)$$

unde

$$\omega = \nu\omega_1$$

$$X_m = L_m\cdot\omega_m = \frac{1}{C_m\cdot\omega_m} \qquad (5)$$

Din (4) se constată că :

— pentru $\nu < m$, $Y_{\nu m}$ este capacitivă ;

— pentru $\nu > m$, $Y_{\nu m}$ este inductivă.

Presupunem că formarea CRD are loc pe o anumită frecvență, notată cu ω_d (diferită, evident, de frecvențele de acord ale FA). Pe această frecvență, FA prezintă, conform relației (4), o admitanță echivalentă :

$$\underline{Y}_{de} = \mathrm{j}\sum_m \frac{1}{X_m}\left(\frac{md}{m^2-d^2}\right) = \mathrm{j}(Y_{dCe} - Y_{dLe}), \qquad (6)$$

în care s-au notat :

$$Y_{dCe} = \sum_{m>d}\frac{1}{X_m}\left(\frac{m\cdot d}{m^2-d^2}\right)$$ — componenta capacitivă a admitanței ;

$$Y_{dLe} = -\sum_{m<d}\frac{1}{X_m}\left(\frac{m\cdot d}{m^2-d^2}\right)$$ — componenta inductivă a admitanței.

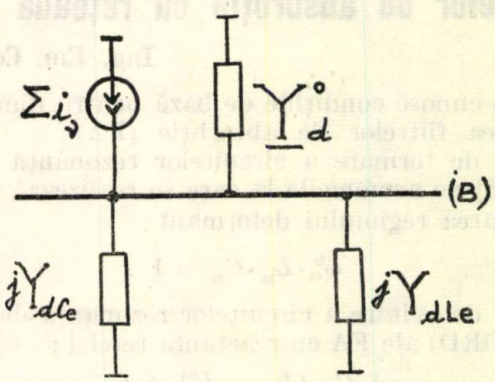


Fig. 2. Schema echivalentă a admitanțelor în cazul FA cu mai multe elemente, pentru frecvența de rezonanță derivație, ω_d.

Schema echivalentă din figura 2 justifică condiția (2) de existență a CRD pe frecvența ω_d, condiție care se poate transpune în :

$$\underline{Y}_{de} + \underline{Y}_d^0 = 0, \qquad (7)$$

în care $\underline{Y}_d^0$ este admitanța echivalentă a rețelei, în raport cu bara (B).

Relația (7) poate fi utilizată la calculul frecvențelor ω_d pentru care FA formează CRD cu rețeaua.

Problema determinării frecvențelor ω_d este dificilă totuși datorită împrejurării că reactanța rețelei nu variază proporțional cu frecvența și nici nu rămîne constantă în timp, pentru aceeași frecvență. Literatura de specialitate arată că rețeaua se comportă ca un circuit complex, la care predomină conexiunile $L-C$ derivație, astfel că :

$$X_v^0 = \left| \frac{L^0\omega}{1 - L^0 \cdot C^0 \cdot \omega^2} \right| \qquad (8)$$

Aceasta înseamnă că X_v^0 va crește odată cu frecvența, va atinge un maximum la rezonanță, după care va scădea. Curbele Z_v^0 ridicate experimental [5] se apropie de aceste concluzii pînă la o anumită valoare a frecvenței, după care se abat complet de la modelul considerat.

Dacă variația admitanței rețelei cu frecvența nu poate fi, în general, încadrată într-o ecuație, admitanța FA este reprezentată suficient de exact de expresia (6), cu condiția ca schema (trifazică) de conectare a elementelor FA să nu fie restrictivă pentru nici una dintre armonici. Precizarea se referă la armonicile de ordin 3 k ; dacă schema nu permite circulația curenților de acest ordin, variația Y_{de} va diferi de aceea reprezentată în diagrama din figura 3.

Întrucît, în cazul general, variația admitanței rețelei cu frecvența și timpul nu permite aflarea pe cale analitică a frecvențelor de rezonanță, ω_d, rămîne accesibilă calea grafică. Pentru aceasta, trebuie ridicată curba Y^0 (ω) la bara pe care urmează să se conecteze FA, la ore diferite și în zile diferite. Aceste curbe vor fi suprapuse peste diagrama $Y_{de}(\omega)$; vor rezulta, corespunzător punctelor de intersecție, frecvențele de rezonanță, ω_d, care trebuie evitate.

De remarcat că în mod sigur vor exista cel puțin $(i-1)$ frecvențe de rezonanță, corespunzătoare intervalelor dintre cele i elemente ale FA, indiferent de variația $Y^0(\omega, t)$.

Unii autori [3], [5] simplifică problema studierii rezonanței derivație între FA și rețea, asimilînd rețeaua cu o bobină a cărei reactanță crește proporțional cu frecvența. Presupunerea este departe de realitate, așa după cum s-a arătat anterior.

O evaluare probabilistică a condițiilor de apariție a rezonanței derivație în funcție de valorile reale ale admitanțelor elementelor ce compun rețeaua — receptoare, surse de energie, baterii de condensatoare etc. —, diferite de cele teoretice indicate în documentațiile tehnice, conduce la concluzia că studierea zonelor de frecvență vecine cu armonicile ce trebuie evitate trebuie efectuată în corelație cu parametrii

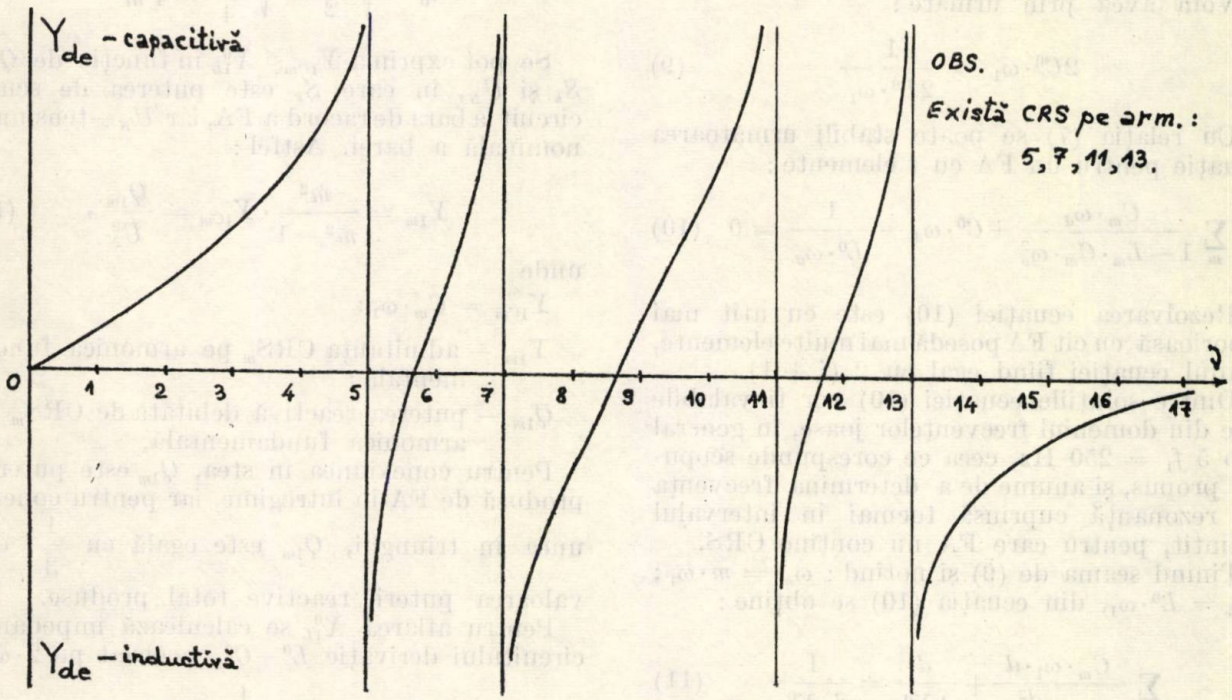


Fig. 3. Diagrama de variație a admitanței echivalente, pentru un FA cu CRS pe armonicile 5, 7, 11 și 13.

legii de distribuție a valorilor admitanței echivalente a rețelei [8].

*

O situație aparte, în care problema aflării frecvențelor ω_d s-ar putea trata și analitic, o prezintă FA destinate instalațiilor care pot funcționa în regim insular cu sursa de energie (centrala electrică) din zonă. Pentru asemenea scheme particulare, realizabile în mod accidental, ridicarea curbelor nu este în general posibilă. Întrucît însă schemele de conexiune ale „insulei" se cunosc în cîteva variante și nu sînt prea complicate, se poate determina prin calcule familia curbelor $Y^0(\omega)$ și apoi continua, pe calea grafică expusă anterior, determinarea frecvențelor de formare a CRD.

*

Prezintă interes a afla dacă, pentru frecvențe sub aceea de rezonanță a primei trepte (CRS) a FA, există posibilitatea apariției CRD și care sînt aceste frecvențe. Problema se poate rezolva analitic, pornind de la relația (7) și adoptînd unele ipoteze simplificatoare. Astfel, din determinări (efectuate în țara noastră de ISPE) s-a constatat că în domeniul frecvențelor joase — pînă la circa 250 Hz — rețeaua se comportă, cu o bună aproximație, ca un circuit derivație acordat pe o frecvență cuprinsă între 100 și 200 Hz, cel mai adesea în jurul valorii de 100 Hz, corespunzătoare armonicii 2. Acest caz va fi analizat în continuare.

Vom avea prin urmare:

$$2C^0 \cdot \omega_1 = \frac{1}{2L^0 \cdot \omega_1} \qquad (9)$$

Cu relația (7) se poate stabili următoarea ecuație pentru un FA cu i elemente:

$$\sum_m \frac{C_m \cdot \omega_d}{1 - L_m \cdot C_m \cdot \omega_d^2} + C^0 \cdot \omega_d - \frac{1}{L^0 \cdot \omega_d} = 0 \qquad (10)$$

Rezolvarea ecuației (10) este cu atît mai laborioasă cu cît FA posedă mai multe elemente, gradul ecuației fiind egal cu 2 $(i+1)$.

Dintre soluțiile ecuației (10) vor fi valabile cele din domeniul frecvențelor joase, în general sub 5 $f_1 = 250$ Hz, ceea ce corespunde scopului propus, și anume de a determina frecvența de rezonanță cuprinsă tocmai în intervalul amintit, pentru care FA nu conține CRS.

Ținînd seama de (9) și notînd: $\omega_m = m \cdot \omega_1$; $X^0_{1L} = L^0 \cdot \omega_1$, din ecuația (10) se obține:

$$\sum_m \frac{C_m \cdot \omega_1 \cdot d}{1 - \frac{d^2}{m^2}} + \frac{d}{4X^0_{1L}} = \frac{1}{d \cdot X^0_{1L}} \qquad (11)$$

Pentru a aprecia dacă există o soluție $d_0 < 5$, se presupune că frecvența crește de la zero ($d = 0$). Inițial, primul membru al ecuației (11) este egal cu zero, pe cînd membrul doi are o valoare infinită. Pe măsură ce d crește, crește și valoarea primului membru, ca la $d = 5$ să devină infinită. În schimb, valoarea membrului doi scade: la $d = 5$ va fi egală cu $\frac{1}{5X^0_{1L}}$. Intersecția curbelor reprezentînd valorile celor doi membri este prin urmare certă și unică în intervalul $0 < d < 5$; deci în același interval, ecuația are sigur o soluție, d_0.

Se va determina, utilizînd calea analitică expusă, frecvența inferioară d_0, de formare a CRD cu rețeaua, pentru un FA cu un singur element acordat pe armonica m. Un asemenea FA rezultă, practic, atunci cînd o baterie de condensatoare pentru producerea puterii reactive este utilizată și pentru formarea unui FA pe armonica cea mai pronunțată, de exemplu pe $m = 5$.

În condițiile asimilării rețelei — pentru domeniul frecvențelor joase — cu un circuit $L^0 - C^0$ derivație, acordat pe frecvența de 100 Hz, din ecuația (11) se obține:

$$d^4 - D \cdot d^2 + 4m^2 = 0, \qquad (12)$$

în care s-a notat:

$$D = 4m^2 \cdot Y_{1Cm} \cdot X^0_{1L} + m^2 + 4 \qquad (13)$$

Se reține soluția aflată în domeniul vizat $(0 \div 5)$:

$$d_0 = \sqrt{\frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - 4m^2}} \qquad (14)$$

Se pot exprima Y_{1Cm} și X^0_{1L} în funcție de Q_{1m}, S_k și U_N, în care S_k este puterea de scurtcircuit la bara de racord a FA, iar U_N — tensiunea nominală a barei. Astfel:

$$Y_{1m} = \frac{m^2}{m^2 - 1} \cdot Y_{1Cm} = \frac{Q_{1m}}{U_N^2}, \qquad (15)$$

unde

$Y_{1Cm} = C_m \cdot \omega_1$;

Y_{1m} — admitanța CRS_m pe armonica fundamentală;

Q_{1m} — puterea reactivă debitată de CRS_m pe armonica fundamentală.

Pentru conexiunea în stea, Q_{1m} este puterea produsă de FA în întregime, iar pentru conexiunea în triunghi, Q_{1m} este egală cu $\frac{1}{3}$ din valoarea puterii reactive total produse.

Pentru aflarea X^0_{1L} se calculează impedanța circuitului derivație $L^0 - C^0$, acordat pe $2 \cdot \omega_1$:

$$\underline{Z}^0_1 = \mathrm{j}\, L^0 \cdot \omega_1 \frac{4}{3} = \mathrm{j} X^0_1,$$

deci :

$$X_{1L}^0 = L^0 \cdot \omega_1 = \frac{3}{4} X_1^0 = \frac{3}{4} \cdot \frac{U_N^2}{S_k} \qquad (16)$$

Cu relaţiile (15) şi (16), expresia (13) devine :

$$D = 3\,(m^2-1) \cdot \frac{Q_{1m}}{S_k} + m^2 + 4 \qquad (13')$$

Formarea CRD pe frecvenţe joase are efecte în general mai puternice, deci mai dăunătoare, asupra instalaţiilor. Trebuie, desigur, ca sursele deformante din zonă să producă aceste armonici, ceea ce practic s-a constatat la instalaţiile cu mutatoare, avînd 6 sau 12 pulsuri, din cauze frecvent întîlnite în practica mutatoarelor. Literatura de specialitate [5], [7] analizează aceste conjuncturi nefavorabile de funcţionare a mutatoarelor.

La cuptoarele cu arc, spectrul armonicilor produse este foarte larg şi aleatoriu. La ordine inferioare, determinări experimentale au arătat că faţă de armonica fundamentală, armonicile 2, 3 şi 4 reprezintă respectiv 24% ; 27% ; 12% sau 32% ; 15,2% ; 7,5% sau 31% ; 12,8% ; 9,3% [4]. Măsurătorile corespund unor cuptoare cu talii diferite.

Exemplu de calcul

O instalaţie pentru compensarea puterii reactive, racordată la o bară a unui consumator deformant, este amenajată şi ca filtru pe armonica 5. Se cunosc : puterea de scurtcircuit la bara respectivă, $S_k = 150$ MVA, puterea reactivă compensată de instalaţia FA, conectată în triunghi, $Q_{1m} = 6$ Mvar, iar reţeaua se poate echivala, pînă la armonica 5, cu un circuit derivaţie acordat pe armonica 2. Se cere să se determine prima frecvenţă de rezonanţă derivaţie, $f_0 = d_0 \cdot f_1$.

Soluţie

Aplicînd relaţia (13'), se obţine $D = 29{,}96$, apoi cu (14) : $d_0 = 1{,}96$, deci $f_0 = 98$ Hz.

Frecvenţa f_0 — de formare a primului CRD între FA şi reţea — este foarte aproape de armonica 2.

În anumite situaţii poate apărea rezonanţa derivaţie, spre exemplu dacă se funcţionează la frecvenţe sub 50 Hz (ceea ce se întîmplă curent).

Concluzii

Verificarea frecvenţelor de rezonanţă ale FA cu reţeaua constituie o problemă dificilă, rezolvabilă în general pe cale grafică sau, pentru anumite domenii de frecvenţă şi cazuri particulare, pe cale analitică. Această verificare trebuie efectuată atît cu ocazia proiectării FA, cît şi periodic, în exploatare, avînd în vedere că evoluţia sistemului implică modificarea limitelor de variaţie în timp a admitanţei sale echivalente, funcţie de frecvenţă.

Dacă frecvenţele periculoase, ω_d, rezultă prea aproape de armonicile pe care nu există CRS, trebuie operate modificări în dimensionarea elementelor FA care încadrează intervalul respectiv sau prevăzute posibilităţi de dezacordare a CRD.

În caz contrar, la o abatere temporară a frecvenţei (funcţionarea cu frecvenţe diferite de valoarea nominală sau avarii mai grave de sistem), este posibilă formarea CRD între FA şi reţea, cu consecinţele cunoscute.

Bibliografie

[1] Ott, W. *Entraînements à convertisseurs statiques pour téléfériques et funiculaires.* În : Revue Brown-Boveri nr. 5, 1976.

[2] Gîrlaşu, St. *Estimarea puterii reactive în scopul compensării, la instalaţii cu acţionări reglabile şi recuperare de energie.* În : Energetica, 20, nr. 11, 1972.

[3] Gîrlaşu, St. *Metodă de verificare la rezonanţa în sistem a circuitelor filtrante utilizate pentru eliminarea efectului deformant.* În : Energetica, 21, nr. 5, 1973.

[4] Sunbderg, Y. *Influence du four à arc sur le réseau.* În : ASEA Revue, nr. 5, 1976.

[5] Garabet, T., Bivol, I. şi Neagu, C. *Utilizarea redresoarelor comandate în acţionări electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1969.

[6] Arie, E., Nicolae, P. şi Cristea, H. *Compensarea regimului deformant la instalaţii de redresoare echipate cu baterii de condensatoare.* În : Studii şi cercetări de energetică, seria A, Energetică generală şi electroenergetică, Ed. Academiei R.P.R., 1963.

[7] Möltgen, G. *Tiristoarele în practică. Mutatoarele cu comutaţie de la reţea.* Editura tehnică, Bucureşti, 1970.

[8] Anisimov, Ia. F. *Veroiatnostnaia otenka uslovii vazniknoveniia rezonansa na vissih garmonikah v elektroenergheticeskih sistemah s ventilnimi preobrazovateliami.* În : Energhetika, nr. 2, 1976.

(Articol intrat în redacţie la 21 august 1979)

Eficiența sistemelor de reglare automată a excitației aferente alternatoarelor de mare putere, evaluată prin variația coeficienților cuplurilor de amortizare și sincronizare

Dr. ing. **B. Guzun***)

1. Cadrul problemei

În articolul său din 1944 [1], considerat între timp ca o lucrare clasică [2], cercetătorul american Ch. Concordia arăta că problema mașinii sincrone reglate, funcționînd stabil, este „un vechi subiect de studiu, iar faptul că regulatoarele de tensiune pot în anumite situații să extindă limitele de stabilitate este mai mult sau mai puțin bine cunoscut". Este surprinzător faptul că astăzi, după mai bine de 30 de ani, afirmația de mai sus rămîne actuală. Dezvoltarea impetuoasă a sistemelor energetice naționale interconectate și puternice a evidențiat noi aspecte ale aceleiași vechi probleme a stabilizării funcționării alternatoarelor, în contul parametrilor reglabili ai sistemului de reglare automată a excitației, SRE.

Problema stabilității oferă încă un cîmp larg deschis cercetătorilor. Ea nu este nici pe departe o problemă rezolvată. Astfel, specialiști de la firma ASEA sînt de părere că „mai este mult de făcut în domeniul amortizării oscilațiilor cu ajutorul sistemelor de reglare automată a excitației și vitezei" (or, se știe că ASEA a echipat CHE Marimbondo din Brazilia, de 8 × 160 MW, cu regulatoare automate de excitație de tip intensiv — RAEI, sisteme ce se numără printre cele mai moderne de acest gen din lume [3].

Una dintre situațiile caracteristice de funcționare, des întîlnite și în același timp mai comode pentru studiu, este aceea a mașinii sincrone conectate la o bară de tensiune constantă printr-o reactanță externă. Deși schema pare simplă, introducerea reglajului excitației împreună cu modelarea cu acuratețe sporită a mașinii sincrone este de natură să complice problema dincolo de limitele practic acceptabile, fără considerarea aportului sistemelor electronice de calcul hibrid, numeric și analogic.

În reprezentarea mașinii sincrone s-a ținut seama de cuplul de amortizare introdus în special de înfășurările de amortizare, în timp ce pentru ansamblul transformator ridicător + linie s-a neglijat efectul introdus de rezistențe și capacități. Așa cum rezultă din cercetările fundamentale efectuate și de Heffron și Phillips [4], din punctul de vedere al stabilității prezintă deosebit interes doar funcționarea mașinii în regim capacitiv, cînd circuitul magnetic este nesaturat. Ca urmare, nu au fost luate în considerare efectele suplimentare datorite saturației, punctul de funcționare în regim capacitiv aparținînd practic porțiunii liniare a caracteristicii de magnetizare.

Relativ la partea de reglaj a mașinii, se consideră următoarele: datorită inerției mecanice relativ mare, se acceptă că în primele momente ale oscilațiilor, regulatorul de viteză nu intervine în schema generală de reglaj. RAE realizat cu componente electronice integrate prezintă o caracteristică de funcționare fără bandă de timp mort. Sistemul de excitație se consideră tiristorizat cu alimentare pur șunt de la bornele mașinii — tipul 1S în clasificarea IEEE [5] — astfel că nu inserează în bucla de reglare decît o constantă de timp foarte mică, de ordinul 0,05 s. Aceasta deoarece sistemele de excitație — SE — moderne se îndreaptă către tipul 1S, datorită simplității sale și fiabilității, pe de o parte, iar pe de altă parte, regulatoarele moderne de tip intensiv și adaptiv — RAEIA — nu dau rezultate decît în combinație cu un SE practic fără inerție (static).

Relativ la RAE, sînt interesante în general tipurile cu acțiune proporțională (P) și proporțional-derivativă (PD, PD_2, PD_3) pe canalul de bază după abaterea de tensiune la borne și pe canalele de bază adiționale după diferite mărimi, în special după puterea electrică, deoarece aceste tipuri „șterg" întîrzierea introdusă în bucla de reglare de SE și mai ales de înfășurarea de cîmp a alternatorului principal.

2. Ecuațiile de mișcare

Acestea sînt de tip Park-Blondel în operațional. De remarcat că pentru studii aprofundate pe calculator, atît forma inițială a acestor ecuații [6], cît și o serie de alte forme prezentate în literatură sînt inadecvate ori greoaie. Plecînd de la transformarea de tip Park prezentată în [6] și mai clar în [7]—[9], în lucrarea de față se propune forma prezentată de cercetătorii F.P. de Mello și Ch. Concordia [10], care a căpătat o acceptare internațională în ultimul timp. Modelul preluat aici este completat față de original [10] cu efectul introdus de înfășurările de amortizare ale mașinii sincrone.

De acord cu teoria liniarizării la mici perturbații, în operațional, ecuația de mișcare a rotorului devine:

$$Mp^2\Delta\delta + Dp\Delta\delta = \Delta P, \qquad (1)$$

unde

M este constanta de inerție a rotorului agregatului, în s sau în MWs/MVA; de obicei se pune $M = 2H$, $H = 3-7$ MWs/MVA;

ΔP — puterea de accelerație care se transmite arborelui mașinii cu ocazia unei mici perturbații care apare fie sub forma ΔP (mici

*) Dr. ing. Basarab Guzun este șef de lucrări la Catedra Centrale electrice din Institutul politehnic București.

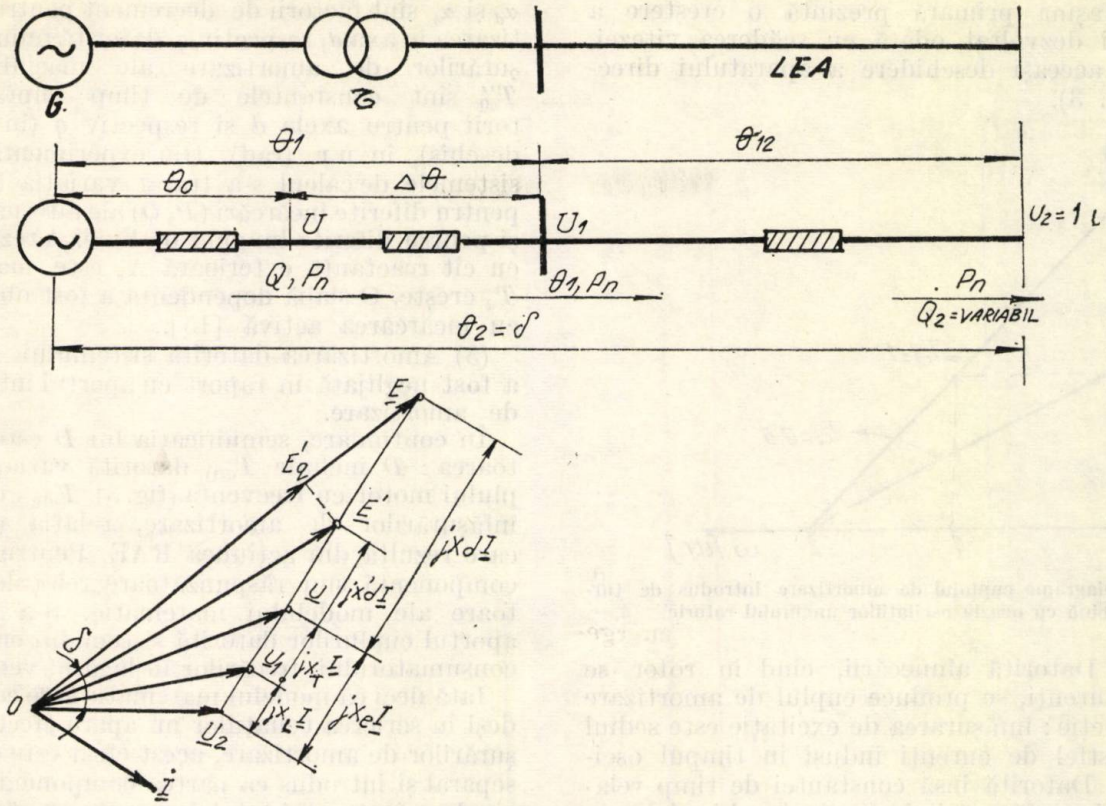


Fig. 1. Diagrama de funcţionare a maşinii sincrone cu poli înşopaţi, interconectată cu un sistem de putere infinită, printr-un transformator-bloc şi o linie electrică de transport de energie.

variaţii ale cuplului motor), fie sub forma ΔP_e (lestări ori delestări la consumator, resimţite de alternator ca mici variaţii ale puterii electrice de regim).

Deşi simplă, ecuaţia (1) se pretează la o discuţie utilă privind definirea cuplurilor de sincronizare şi amortizare.

În generatorul sincron, cu ocazia oricărei perturbaţii a unghiului rotoric, în special datorită înfăşurărilor de amortizare şi intervenţiei RAE, se dezvoltă cupluri de frînare. Acestea pot fi separate în două componente, şi anume: una numită cuplu de sincronizare, proporţională cu abaterea unghiului rotoric $\Delta\delta$, şi o componentă proporţională cu viteza $p\delta$ cu care se realizează abaterea $\Delta\delta$ — cuplul de amortizare. După cum se arată în figura 2, aceste cupluri pot fi reprezentate prin coeficientul cuplului de sincronizare T_s şi prin coeficientul cuplului de amortizare T_d, definiţi în ecuaţiile (2), (3), unde $p\delta$ reprezintă variaţia vitezei rotorului (u.r) [11], [12]:

$$T_s = -\Delta P/\Delta\delta \text{ (u.r./rad)} \qquad (2)$$

$$T_d = -\Delta P/p\delta \text{ (u.r.)} \qquad (3)$$

Cuplul de amortizare este adesea denumit cuplu de inducţie, prin contrast cu cuplul de sincronizare, deoarece este similar cu cuplul dezvoltat de un motor asincron, datorită alunecării. Ideea de mai sus nu este nouă, fiind prezentă încă din 1933 în lucrările lui R.H.

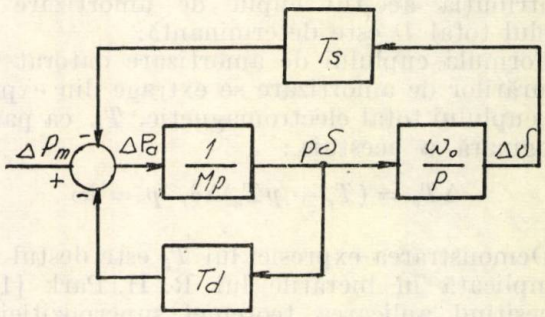


Fig. 2. Schema-bloc a ecuaţiei oscilaţiilor electromecanice ale rotorului, cu indicarea coeficienţilor cuplurilor T_s şi T_d.

Park relative la teoria celor două reacţii. Dar aprecierea eficienţei SRE prin prisma creşterii T_s şi T_d (care este bine să fie pozitive) reprezintă un nou mod de abordare a problemei amortizării oscilaţiilor în condiţiile unor perturbaţii mici [10], [11].

După S.B. Crary [13], amortizarea se datoreşte:

(1) maşinii primare;
(2) generatorului sincron;
(3) sistemului electric,

urmînd ca D din ecuaţia (1) să conţină însumate cu ponderea respectivă influenţele (1) + + (2) + (3).

(1) Maşina primară prezintă o creştere a cuplului dezvoltat odată cu scăderea vitezei, pentru aceeaşi deschidere a aparatului director (fig. 3).

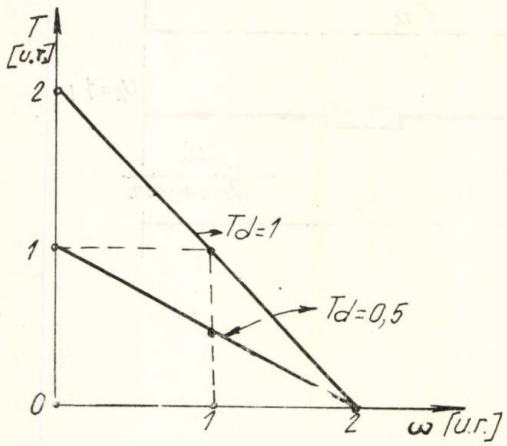


Fig. 3. Diagrama cuplului de amortizare introdus de turbină cu ocazia oscilaţiilor unghiului rotoric.

(2.1) Datorită alunecării, cînd în rotor se induc curenţi, se produce cuplul de amortizare de inducţie; înfăşurarea de excitaţie este sediul unor astfel de curenţi induşi în timpul oscilaţiilor. Datorită însă constantei de timp relativ mari a înfăşurării de excitaţie, chiar la mersul în sarcină, această componentă a cuplului de amortizare este mică.

(2.2) Tot la alunecări iau naştere cupluri de amortizare şi în înfăşurarea de amortizare. Datorită constantei de timp mici a acestor înfăşurări, contribuţia acestui cuplu de amortizare la cuplul total D este determinantă.

Formula cuplului de amortizare datorat înfăşurărilor de amortizare se extrage din expresia cuplului total electromagnetic, T_e, ca parte imaginară a acestuia:

$$\Delta T_e = (T_s + p T_d)\Delta\delta, \quad p = j\omega \qquad (4)$$

Demonstrarea expresiei lui T_d este destul de complicată în lucrările lui R. H. Park [14], necesitînd aplicarea teoremei superpoziţiei a lui Duhamel, iar comentarea ei depăşeşte cadrul prezentării de faţă. În programele de calcul s-a folosit expresia indicată de S. B. Crary, care-l citează la rîndul său pe Park;

$$T_d = a \sin^2 \delta + b \cos^2 \delta \qquad (5)$$

$$T_d \approx (a + b)/2, \qquad (6)$$

unde coeficienţii a şi b sînt daţi de relaţiile:

$$a = e_t^2(x'_d - x''_d)/[(x'_d + x_e)(x''_d + x_e).\alpha_d] \qquad (7)$$

$$b = e_t^2 (x_q - x''_q)/[(x_q + x_e)(x''_q + x_e)\alpha_q] \qquad (8)$$

$$\alpha_d = (x'_d + x_e)/[(x''_d + x_e)T''_{d0}]$$

$$\alpha_q = (x_q + x_e)/[(x''_q + x_e)T''_{q0}]$$

α_d şi α_q sînt factorii de decrement pentru amortizarea în axa d, respectiv q, datorită numai înfăşurărilor de amortizare ale maşinii; T''_{d0}, T''_{q0} sînt constantele de timp supratranzitorii pentru axele d şi respectiv q (în circuit deschis), în u.r. (rad). Din experimentările pe sistemele de calcul s-a trasat variaţia lui ΔT_d pentru diferite încărcări (P, Q) ale alternatorului şi pentru diferite lungimi de linie. A rezultat că cu cît reactanţa exterioară X_e este mai mică, T_d creşte. O slabă dependenţă a fost observată cu încărcarea activă [15].

(3) Amortizarea datorită sistemului electric a fost neglijată în raport cu aportul înfăşurării de amortizare.

În continuare, semnificaţia lui D este următoarea: D include $T_{d(1)}$ datorită variaţiei cuplului motor cu frecvenţa (fig. 3), $T_{d(2.2)}$ datorită înfăşurărilor de amortizare, relaţia (6), T_d care rezultă din acţiunea RAE. Pentru ultima componentă sînt răspunzătoare relaţiile următoare ale modelului matematic. S-a neglijat aportul cuplurilor datorită sistemului energetic, consumatorului, frecărilor în lagăre, ventilaţiei.

Iată deci că modelul matematic este complet: deşi în scrierea ecuaţiilor nu apare efectul înfăşurărilor de amortizare, acest efect este calculat separat şi introdus ca partea componentă principală a factorului total de amortizare, D. O analiză a lui D se va face mai departe în vederea selectării unui tip adecvat de RAE. Rezumînd discuţia relativă la prima ecuaţie a sistemului electric reglat, se pot scrie două relaţii echivalente, neglijînd amortizările menţionate mai sus:

$$(1/\omega_0)M d^2\delta/dt^2 = P_m - P_{e\ totală} \text{ (vezi fig. 4)} \qquad (9)$$

$$(1/\omega_0)(M d^2\delta/dt^2 + D d\delta/dt) = P_m - P_{e\ sincronizare} \text{ (vezi fig. 2)} \qquad (10)$$

Setul de ecuaţii folosite este cel dedus în [15], astfel:

— Procese electromecanice din rotor:

$$(Mp^2 + K_1)\Delta\delta + K_2\Delta E'_q = \Delta P_m \qquad (11)$$

— Procese electromagnetice din rotor:

$$(1 + pK_3T_{d0})\Delta E'_q = K_3\Delta E_f - K_3K_4\Delta\delta \qquad (12)$$

— Procese electromagnetice din stator:

$$U = K_5\Delta\delta + K_6\Delta E'_q, \qquad (13)$$

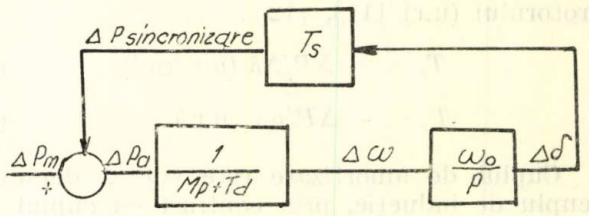


Fig. 4. Diagrama-bloc fără separarea cuplurilor T_s şi T_d.

unde s-a notat cu :

T_{d0} —constanta de timp a circuitului de excitaţie, în gol ;

E'_q —t.e.m. în spatele reactanţei tranzitorii, proiectată pe axa q ;

ΔU —variaţia tensiunii la borne (Δe_t) ca efect al deplasării unghiulare $\Delta\delta$.

Ecuaţia sistemului de reglare a excitaţiei, SRE, este ecuaţia care va fi modificată cu ocazia schimbării tipului de RAE. Pentru început se consideră reglajul excitaţiei după abaterea tensiunii la borne după o funcţie de transfer $F(p)$ a regulatorului :

$$E_f = -F(p)\Delta U \qquad (14)$$

Această ecuaţie conţine funcţia $F(p)$ a regulatorului care încorporează şi funcţia de transfer a sistemului de excitaţie, adică :

$$F(p) = F_{SE}(p)\cdot F(p)_{RAE} \approx F(p)_{RAE} \qquad (15)$$

Ultima egalitate aproximativă este caracteristică pentru SE tiristorizate cu alimentare pur şunt.

Coeficienţii sistemului de ecuaţii a căror expresie corectă este dată în [15] sînt de forma :

$$K_1 = [(X_q - X'_d)/(X_e + X'_d)]\, i_{q0}E_0 \sin\delta_0 +$$

$$+ (E_{q0}\cdot E_0\cdot\cos\delta_0)/(X_e + X_q)$$

$$K_2 = E_0 \mathrm{din}\delta_0/(X_e + X'_d)$$

$$K_3 = (X'_d + X_e)/(X_d + X_e)$$

$$K_4 = (X_d - X'_d)/(X_e + X'_d)\, E_0 \sin\delta_0 \qquad (16)$$

$$K_5 = [X_q/(X_e + X_q)]\,(e_{d0}/e_{t0})\, E_0 \cos\delta_0 -$$

$$-[X'_d/(X_e + X'_d)](e_{q0}/e_{t0})\, E_0 \sin\delta_0$$

$$K_6 = [X_e/(X_e + X'_d)]\, e_{q0})/e_{t0},$$

în care notaţiile corespund figurii 1, iar

$$X_{12} = X_d + X_T + X_L$$

(s-au neglijat rezistenţele)

$$X'_{12} = X'_d + X_T + X_L$$

reprezintă reactanţa directă şi tranzitorie care separă maşina în cauză de sistemul de tensiune constantă ($U_2 = 1$ u.r.).

Ecuaţiile (11)—(14) definesc modelul maşinii sincrone [10] sub forma diagramei-bloc din figura 5. Conform cu diagrama de funcţionare

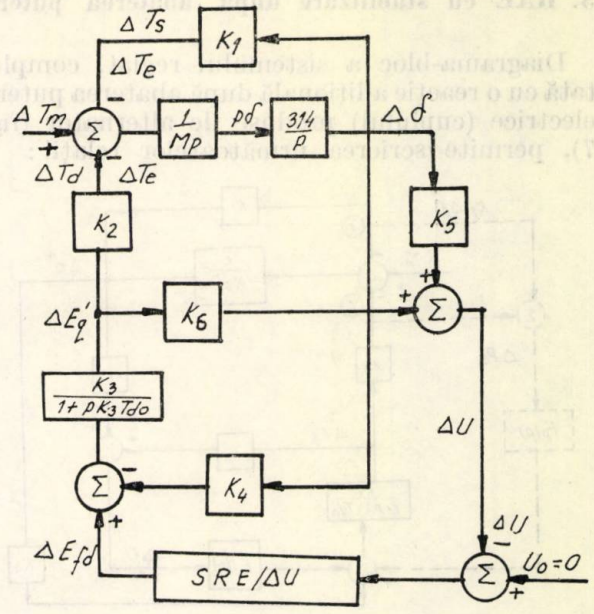


Fig. 5. Diagrama-bloc a generatorului funcţionînd interconectat cu un sistem de putere infinită, printr-o reactantă exterioară.

din figura 1, se deduc relaţiile care caracterizează punctul de regim pentru cazul în care generarea regimurilor de funcţionare se face prin variaţia puterii reactive Q_2 la bara rigidă [15]. Punctele care nu se încadrează în diagrama P, Q de funcţionare a maşinii (fig. 6) se elimină cu ajutorul unor instrucţiuni-filtru inserate în subrutina de calcul a regimului normal, de forma $E<E_{max}$ (la rotor) şi $I<I_{max}$ (la stator).

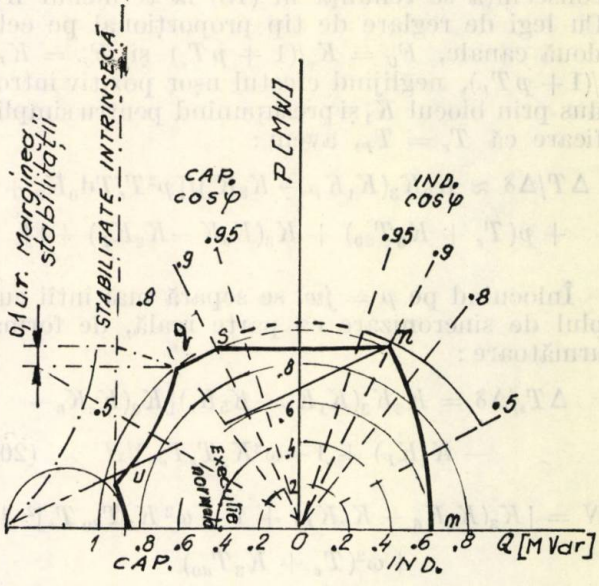


Fig. 6. Diagrama de performanţe a unui generator [17].

Ecuaţiile de mişcare care modelează funcţionarea sistemului electric considerat pentru diferite SRE rezultă prin modificarea ultimei ecuaţii (14) pentru diferite reacţii adiţionale.

3. RAE cu stabilizare după abaterea puterii

Diagrama-bloc a sistemului reglat, completată cu o reacţie adiţională după abaterea puterii electrice (cuplului) produse de alternator (fig. 7), permite scrierea următoarelor relaţii :

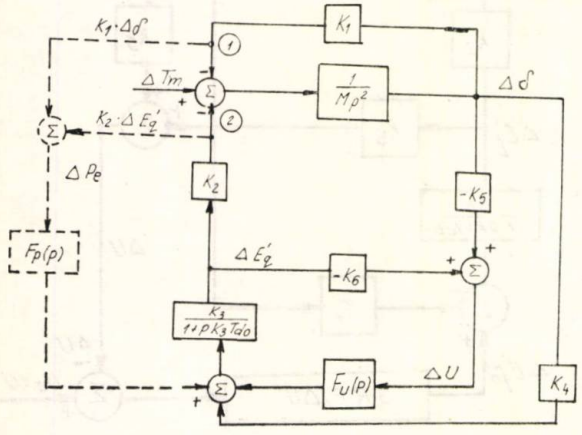


Fig. 7. Inserarea în bucla de reglaj a unei reacţii adiţionale după abaterea puterii electrice produse de generator.

$$[(K_1\Delta\delta + K_2\Delta E_q')F_P - (K_5\Delta\delta + K_6\Delta E_q')F_U - - K_4\Delta\delta]\cdot K_3/(1 + K_3pTd_0) = \Delta E_q' \quad (17)$$

$$\Delta T = K_1\Delta\delta + K_2\Delta E_q'$$

$$\Delta T = \{K_2K_3(K_1K_P - K_5F_U - K_4)/[1 + + pK_3T_{d0} + K_3(K_6F_U - K_2F_U)] + K_1\}\Delta\delta \quad (18)$$

Interesează doar contribuţia ramurii 2; în consecinţă se renunţă în (18) la termenul K_1. Cu legi de reglare de tip proporţional pe cele două canale, $F_U = K_e/(1 + pT_e)$ şi $F_P = K_P/(1 + pT_P)$, neglijînd efectul uşor pozitiv introdus prin blocul K_4 şi presupunînd pentru simplificare că $T_e = T_P$, avem :

$$\Delta T/\Delta\delta \approx K_2K_3(K_1K_P - K_5K_e)/[p^2T_eTd_0K_3 + + p(T_e + K_3T_{d0}) + K_3(K_eK - K_2K_P) + 1]$$

Înlocuind pe $p = jw$, se separă mai întîi cuplul de sincronizare ca parte reală, de forma următoare :

$$\Delta T_s/\Delta\delta = K_2K_3(K_1K_P - K_5K_e)[K_3(K_eK_6 - - K_2K_P) + 1 - \omega^2K_3T_eT_{d0}]/N \quad (20)$$

$$N = [K_3(K_eK_6 - K_2K_P) + 1 - \omega^2K_3T_{d0}T_e]^2 + + \omega^2(T_e + K_3T_{d0})$$

Pentru frecvenţe joase de oscilaţie, relaţia (20) devine :

$$\Delta T_s/\Delta\delta \approx \approx K_2K_3(K_1K_P - K_5K_e)/[1 + K_3(K_eK_6 - K_2K_P)] \quad (21)$$

Se vede că pentru situaţii dificile de funcţionare, în care $K_5 < 0$, condiţia $\Delta T_s > 0$ impune :

$$K_1K_P - K_5K_e > 0 \text{ sau } K_P < (K_5/K_1)K_e, \quad (22)$$

K_P (u.r. excitaţie/u.r. putere) fiind negativ, conform schemei-bloc din figura 7, după care s-au scris relaţiile de mai sus. Aportul de cuplu de sincronizare pozitiv pe ramura 2 poate fi negativ, şi atunci limitarea superioară a lui K_P este elastică, cu condiţia ca T_s total să fie pozitiv (inclusiv aportul ramurii 1). De aceasta beneficiază componenta T_d, care devine pozitivă cu semnalul stabilizator, după cum se arată în continuare.

Din (19) se extrage expresia cuplului de amortizare :

$$\Delta T_d/\Delta\delta = -K_2K_3(K_1K_P - K_5K_e)(T_e + K_3T_{d0})\omega/N \quad (23)$$

Pentru frecvenţe joase de oscilaţie, relaţia (23) devine :

$$\Delta T_d/\Delta\delta = -K_2K_3(K_1K_P - K_5K_e)\,(T_e + + K_3T_{d_0})\omega/[1 + K_3(K_eK_6 - K_2K_P)]^2 \quad (24)$$

Se observă că pentru situaţii în care $K_5 < 0$, pentru a avea $\Delta T_d/\Delta\delta > 0$, trebuie ca paranteza întîia să fie negativă, adică :

$$K_P > (K_5/K_1)K_e \quad (25)$$

Cu relaţia (25) îndeplinită, semnalul stabilizator are meritul de a face $\Delta T_d > 0$, altminteri $\Delta T_d < 0$ în mod obişnuit cu un RAE de tip P numai după abaterea tensiunii la borne [15]; cu alte cuvinte, stabilizarea oscilaţiilor este evidentă. K_P nu poate fi prea mare, deoarece, conform expresiei (22), componenta $\Delta T_s < 0$ de pe ramura cu K_2 nu poate fi prea mare în valoare absolută pentru ca ΔT_s total să nu fie prea mic. Aşa se explică faptul că, de la o anumită valoare în sus a lui K_P, efectul stabilizant se diminuează. De asemenea, examinarea numitorului N din (23) arată că valori prea mari pentru K_P conduc la diminuarea lui.

Deşi neexploatată de unii cercetători [16], [12], metoda folosită mai sus, considerată ca un instrument de analiză a oportunităţii unui tip de RAE de către alţi cercetători [10], [11], a permis, în analiza făcută, de a valida reacţia adiţională după abaterea puterii electrice ca un semnal deosebit de eficient mai ales pentru hidroalternatoare racordate la noduri rigide prin linii lungi, în regimuri de funcţionare grele, capacitive.

Notă. Un regulator ideal care reuşeşte performanţa $E_q' = \text{constant}(\Delta E_q' = 0)$ menţine funcţionarea stabilă cu ajutorul buclei superioare a diagramei bloc; cuplul de sincronizare este maxim şi este chiar K_1, $(K_2 \cdot \Delta E_q' = 0)$, iar oscilaţiile care apar sînt amortizate de cuplul asincron dezvoltat de maşină de îndată ce viteza de rotaţie diferă de viteza de sincronism.

Concluzii

Calculul cuplurilor de amortizare și sincronizare este o metodă de identificare rapidă a direcțiilor de modificare a parametrilor reglabili ai SRE în vederea stabilizării sau/ și creșterii rezervei de stabilitate în regimuri de funcționare dificile.

Cu această metodă s-a evidențiat efectul pozitiv, stabilizant, al unei reacții adiționale după puterea electrică produsă de hidroalternator, suprapusă reglajului de bază după abaterea tensiunii la borne.

Bibliografie

[1] Concordia, C. *Steady-state stability of synchronous machines as affected by voltage regulator characteristics.* În: AIEE Trans., 62, nr. 5, 1944, p. 215—220.

[2] Bingen, P., Landgren, G.L., Keay, F.W. și Raczkowski, C. *Dynamic stability test on a 733 MVA generator at Kinkaid station.* În: Trans. on PAS nr. 12, 1973, p. 1328—1334.

[3] Kindahl, E. și Peterson, T. *Marimbondo plant control include 2-way d.c. link.* În: Energy International 10, nr. 12, 1973, p. 24—25.

[4] Heffron, W.G. și Phillips, R.A. *Effect of modern amplidine voltage regulators on underexcited operation of large turbine generators.* În: AIEE Trans. (PAS), 71, nr. 8, 1952, p. 692.

[5] * * * IEEE Committee Report. *Computer representation of excitation systems.* În: Trans. on PAS, 87, nr. 6, 1963, p. 1460—1464.

[6] Park, R.H. *Two reaction theory of synchronous machines. Generalized method of analysis* — part I. În: AIEE Trans. 48, nr. 7, 1929, p. 716—730.

[7] Gheorghiu, I. S. și Fransua, A.S. *Tratat de mașini electrice. Mașini sincrone.* Ed. Acad. R.S.R., București, 1972.

[8] Dimo, P., Ionescu, S., Iordănescu, I. ș.a. *Calculul și proiectarea sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1972, p. 188—214.

[9] Ulianov, S.A. *Regimuri tranzitorii ale sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1967, p. 150—207.

[10] de Mello, F. P. și Concordia, C. *Concepts of synchronous machine stability as affected by excitation control.* În: IEEE Trans. PAS, 88, nr. 4, 1969, p. 316—329.

[11] Marshall, W.K. și Smolinski, W. J. *Dynamic stability determination by synchronizing and damping torque analysis.* În: AIEE Trans. on PAS, 89, 1972, p. 1239—1246.

[12] Nedelcu, V.N. *Teoria conversiei electromecanice.* Editura tehnică, București, 1978, p. 233—236.

[13] Crary, S.B. *Power system stability. Transient stability.* Vol. 2, John Wiley & Sons, New York, 1947.

[14] Park, R.H. *Two reaction theory of synchronous machines. Generalized method off analysis* — partII. În: AIEE Trans, 52, 1933, p. 352—354.

[15] Guzun, B. *Influența sistemului de reglare automată a excitației asupra funcționării generatorului sincron în regim dinamic.* Teză de doctorat. Institutul politehnic București, 1977.

[16] Venikov, V.A. *Transient processes in electrical power systems.* Mir Publishers, Moscova, 1977, p. 217—231; 473—474.

[17] Potolea, E. *Calculul regimurilor de funcționare ale sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1977, p. 173—220.

(Articol intrat în redacție la 12 iunie 1979)

CRONICA

A VII-a Consfătuire a termoenergeticienilor din R.S.R.

— Brașov, 4—6 octombrie 1979 —

Comisia de termoenergetică din cadrul Comisiei Naționale a Inginerilor și Tehnicienilor, în colaborare cu Ministerul Energiei Electrice, Consiliul Popular al județului Brașov și Comisia inginerilor și tehnicienilor a Întreprinderii „Tractorul"-Brașov, a organizat la Brașov, în perioada 4—6 octombrie 1979, cea de-a VII-a Consfătuire a termoenergeticienilor din R.S.R., cu tema: „Economia de energie și combustibil".

Continuînd tradiția consfătuirilor anterioare, de analiză a celor mai importante și actuale sarcini ale termoenergeticienilor din țara noastră, și în special a celor specifice platformelor industriale, Consfătuirea a VII-a și-a desfășurat lucrările în incinta uneia dintre unitățile reprezentative ale industriei construcțiilor de mașini, cu preocupări deosebite în domeniul economiei de energie, Întreprinderea „Tractorul"—Brașov.

Lucrările consfătuirii au fost deschise de: ing. Gheorghe Bozocea, secretar al Comitetului municipal de partid Brașov; profesor emerit Constantin Dinculescu, membru corespondent al Academiei R.S.R.; profesor dr. ing. Nicolae Dănilă, președinte al Comisiei de termoenergetică a CNIT.

Organizată în ideea unei analize concrete a problemelor termoenergetice actuale, în contextul preocupărilor pe plan național și mondial privind gospodărirea energiei și combustibilului, în lumina documentelor Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român, consfătuirea a tratat probleme privind:

1. Gospodărirea rațională a resurselor de energie.
2. Recuperarea resurselor energetice secundare din întreprinderi; descoperirea și valorificarea optimă a noi surse de energie.
3. Probleme privind raționalizarea diferitelor procese industriale.

Pentru a asigura cadrul corespunzător examinării celor trei grupe de probleme, lucrările consfătuirii s-au desfășurat în trei secții: în afara celor 56 referate înscrise în programul consfătuirii, au fost prezentate două referate suplimentare.

De asemenea a fost efectuată o vizită tehnică de lucru la întreprinderea „Rulmentul"-Brașov, cu care ocazie au fost analizate la fața locului măsurile de economisire a energiei și combustibilului, instalațiile consumatoare de energie și combustibil și sarcinile energetice de perspectivă ale acestei întreprinderi.

La lucrările consfătuirii au luat parte specialiști care activează în întreprinderi industriale mari consumatoare de energie (chimice, constructoare de mașini, metalurgice etc.), în institute de învățămînt superior, în unități de cercetare, proiectare și producție.

Referatele prezentate conțin propuneri concrete, sinteze și rezultate ale unor activități de durată, care au permis identificarea unor importante căi de economisire a combustibilului și energiei.

Dintre referatele prezentate s-au remarcat următoarele* :

— N. Armencoiu, D. Rențea ș.a. (ISPE): Soluții tehnice privind utilizarea combustibililor inferiori în termoficarea urbană.

— N. Niculescu, M. Voinea ș.a. (ISPE) : Aspecte privind gospodărirea rațională a căldurii în exploatarea sistemelor de termoficare.

— D. Neștianu și I. Falup (ICEMENERG) : Alimentarea consumatorilor termici din prizele fixe ale turbinelor cu abur — cale importantă de economisire a combustibilului.

— O. Țuțuianu (M.E.E.) : Utilizarea unor noi tehnologii bazate pe radiații infraroșii pentru depistarea pierderilor în transportul energiei termice.

— L. Oancea (IEC Ploiești) : Reducera consumului de combustibil în CET prin mărirea indicelui de termoficare.

— L. Lupescu și F. Stănescu (ISPE): Program de calcul pentru dimensionarea optimă a grosimii izolației instalațiilor.

— I. Carabogdan și A. Badea (IPB) : Aspecte ale utilizării învățământului programat în pregătirea inginerilor termoenergeticieni.

— I. Poenaru și N. Paraschiv (ICPAM) : Utilizarea mijloacelor automate de calcul în proiectarea instalațiilor termoenergetice în scopul economisirii energiei și combustibilului.

— V. Athanasovici, A. Badea și V. Mușatescu (IPB) : Economisirea combustibilului în CET prin repartiția optimă a sarcinii termice între agregatele termoenergetice.

— E. Ritzinger, S. Bumbaru (Univ. Galați) și D. Nicolae (UPDES) : Analiza energo-tehnologică a funcționării agregatelor din centrala de suflante ; corelarea cu sectorul furnale.

— E. Ritzinger, M. Iosef și D. Mirzescu (C.S. Galați) : Analiza energotehnologică a ansamblului cauper-furnal.

— P. Covalschi (C.S. Galați) : Analiza energotehnologică a gospodăriei de apă la CET furnale.

— V. Bălan, C. Cuibac și G. Frăsineanu (ICEMENERG) : Caracteristicile energetice ale șisturilor bituminoase din bazinul Doman.

— I. Grigoriu (IITPIC) : Încălzirea urbană din resursele energetice secundare din industria chimică.

— A. Badea, V. Athanasovici și A. Ganea (IPB) : Posibilități de recuperare a surselor energetice cu potențial termic coborît utilizînd scruberele.

— M. Pop, D. Manea și Ec. Ursu (ICEMENERG) : Sistem combinat pompă de căldură — energie solară pentru încălzirea locuințelor.

— V. Ghia și A. Păltînea (ICSITEEMR) : Recuperarea primară a căldurii în funcție de caracteristicile combustibilului ars în cuptor.

— I. Negoiță și C. Pavel (C. S. Galați) : Recuperarea resurselor energetice secundare la producerea cocsului metalurgic.

— N. Oprea și I. Bujor (C.S. Galați) : Limitele recuperării resurselor energetice secundare la cuptoarele industriale.

— N. Opriș (ICPAM) : Analiza energotehnologică la turnarea continuă.

— V. Neațu, M. Matei și P. Dordea (ICEMENERG) : Procedeu de reducere a coroziunilor pe traseul gazelor de ardere la cazanele alimentate cu păcură sulfuroasă.

— M. Iacobson (IPROMET) : Aspecte privind recuperarea căldurii fizice a zgurilor de la furnale.

— E. Antoniu și E. Gatman (ICEMENERG) : Stabilirea corecției puterii calorice a cărbunelui la CTE Rogojelu pentru determinarea consumului propriu tehnologic.

*

Din referatele și dezbaterile consfătuirii s-au desprins următoarele idei, concluzii și recomandări mai importante :

— Economia de energie în toate procesele industriale constituie o problemă de interes național. Economiile se traduc prin micșorări de consum de energie primară și prin aceasta duc la limitarea importului de combustibil necesar închiderii balanței de combustibil a țării. În consecință, toate economiile trebuie privite prin prisma rezultatelor globale, la scară națională și raportate bănește la valoarea combustibilului economisit, considerat cu dinamica sa de creștere în timp.

— Este necesară elaborarea unei metodologii de stabilire a conținutului de energie înglobată în fiecare produs, în vederea adoptării unei strategii de promovare a produsului respectiv.

— Fundamentarea consumului de energie pe baza normelor pe agregate, cu stabilirea în final a normei pe produs.

— Analiza stabilirii unui indicator care să reflecte conținutul global de energie al produsului.

— Extinderea termoficării urbane prin : realizarea de mari centrale electrice de termoficare pe combustibil solid, transformarea centralelor de condensație în centrale de termoficare, crearea unor sisteme de termoficare zonale formate din surse puternice alimentînd prin magistrale de transport la mare distanță și orașele învecinate.

— Extinderea termoficării industriale prin valorificarea resurselor energetice secundare cu potențial energetic scăzut, prin folosirea pompelor de căldură, în vederea acoperirii și a unor consumuri de căldură de tip urban.

— Analiza extinderii termoficării, cu utilizarea energiei electrice suplimentare rezultate peste nivelele stabilite prin proiectele de plan, pentru înlocuirea unei părți a tehnologiilor actuale utilizînd hidrocarburi — cu disponibilizarea acestora.

— Realizarea proiectelor-tip pentru noile construcții industriale și urbane, numai în soluții optimizate din punct de vedere al consumurilor energetice totale în execuție și exploatare și utilizarea acestora în producția de serie numai după controlarea produsului realizat prin metode moderne (de exemplu cu radiații infraroșii).

— Asigurarea proiectării fluxurilor tehnologice pe principii energetice, în vederea valorificării maxime în cadrul conturului proiectat a tuturor resurselor de energie.

— Extinderea producției de aparate de măsură, control și reglaj, în special pentru procesele termice, și dotarea întreprinderilor cu acestea.

— Înființarea unei întreprinderi specializate pentru studierea, proiectarea și fabricarea de recuperatoare de căldură — într-o concepție unitară — necesare economiei naționale.

— Utilizarea integrală a masei combustibile din cărbunii inferiori, în vederea reducerii consumului specific de combustibil prin instalații adecvate de măcinare, reducîndu-se astfel conținutul de nearse din zgură.

— Extinderea și generalizarea răcirii prin vaporizare la cuptoarele din metalurgie și siderurgie, în vederea raționalizării consumurilor energetice.

— Înlocuirea răcirii prin căderea liberă a agentului, prin sisteme de pulverizare, în scopul reducerii consumurilor energetice și de agent de răcire.

— Organizarea periodică a unor mese rotunde pe teme energotehnologice, în vederea analizării și dezbaterii problemelor legate de raționalizarea consumurilor de energie la nivelul economiei naționale.

— Organizarea unei dezbateri cu tema : „Gazeificarea lignitului în scopuri energetice și tehnologice, pentru înlocuirea hidrocarburilor în procesele tehnologice și energetice".

— Pregătirea cadrelor de specialiști necesari introducerii și urmăririi în întreprinderi, din punct de vedere energetic, a proceselor tehnologice.

— Reciclarea cadrelor din întreprinderi pe probleme energetice, grupate pe ramuri industriale.

— Consfătuirea apreciază rezultatele obținute în pregătirea și reciclarea energeticienilor din întreprinderi și centrale electrice de Catedra de centrale electrice de la Institutul politehnic București — care dispune de o dezvoltată și modernă bază materială — și recomandă ministerelor organizarea de cursuri postuniversitare și de reciclare pe ramuri industriale la această catedră.

Consfătuirea recomandă termoenergeticienilor din întreaga țară luarea în considerare și aplicarea în cadrul unităților economice a tuturor propunerilor rezultate din dezbaterile care au avut loc pe baza referatelor prezentate, pentru obținerea de economii de energie și combustibil — atît în procesele tehnologice cît și în alimentarea cu căldură a construcțiilor — pentru eliberarea de hidrocarburi, pentru raționalizarea consumului de energie primară.

Prof. dr. ing. **Nicolae Dănilă**
președintele Comisiei de termoenergetică CNIT

*) Materialele consfătuirii au fost multiplicate și pot fi procurate contra cost de la ISPE, Bd. Lacul Tei nr. 1, sector 2, București, telefon 12 72 66 (Ing. Nicolae Niculescu).

Recenzii

GEORGETA IONIȚĂ și GH. BUCEA. **Montarea și exploatarea cablurilor electrice de înaltă tensiune.** Editura tehnică, București, 1979, 192 p.

Ritmul accentuat de creștere a consumului de energie electrică din țara noastră a implicat și implică construirea a numeroase stații de transformare de 110 kV, amplasarea în centrele urbane aglomerate și în interiorul marilor platforme industriale.

Din cauza imposibilității asigurării culoarelor necesare pentru LEA, racordarea majorității acestor stații la sistem s-a făcut prin linii electrice subterane de 110 kV realizate prin cabluri cu ulei sub presiune.

Pentru proiectarea, montarea și exploatarea instalațiilor de cabluri subterane cu ulei sub presiune la tensiunea de 110 kV, există deja o bună experiență a unor cadre de specialiști din țara noastră, cu toate că procurarea cablurilor în cauză și a accesoriilor lor se face din import.

În viitor este de prevăzut creșterea volumului acestor instalații, determinată de creșterea consumului de energie electrică în mediul urban (ca urmare a introducerii gătitului și încălzitului electric, precum și a măririi densității construcțiilor).

Lucrarea, apărută în colecția electricianului prin grija Editurii tehnice, constituie o noutate în domeniul lucrărilor de linii electrice și răspunde astfel imperativului permanent legat de perfecționarea tehnologiilor și de aprofundare a preocupărilor în domeniul ingineriei tehnologice.

Cartea este structurată pe zece capitole și se referă în principal la cablurile de proveniență europeană.

În acest sens au fost folosite, în mod deosebit, prospectele tehnice pentru cabluri și accesorii de la firmele Pirelli, BICC, Showa, Hitachi, Felten și Guilleaume.

După o scurtă introducere făcută în primul capitol al cărții, se trece la prezentarea tipurilor constructive de cabluri de înaltă tensiune (cap. 2) : cabluri cu presiune interioară de gaz, cabluri cu presiune exterioară de gaz, cabluri cu ulei sub presiune și cabluri uscate.

În capitolul 3 se analizează tendințele de dezvoltare în construcția cablurilor de înaltă tensiune : creșterea capacității de transport a cablurilor de construcție clasică, cablurile cu izolație din hexafluorură de sulf (SF_6), utilizarea unor materiale noi pentru realizarea conductorului (în mod deosebit a sodiului), tehnica cablurilor criogenice, cablurile de înaltă tensiune pentru transport în curent continuu.

Capitolul 4 se ocupă de construcția cablurilor cu ulei sub presiune. În cadrul acestui capitol sînt prezentate tipurile constructive de cabluri cu ulei sub presiune, elementele componente (conductorul, stratul semiconductor intern, izolația, stratul semiconductor extern, mantaua metalică de etanșare și mantaua exterioară de protecție anticorosivă), tehnologia de fabricație a cablurilor, probe și încercări de calitate la furnizor (probe de rutină, probe de lot și probe de tip).

În capitolul 5 sînt descrise accesoriile cablurilor cu ulei sub presiune : cutiile terminale, manșoanele (de joncțiune, de stopare și de alimentare), cutiile de deconectare și transpunere, rezervoarele de ulei.

Capitolul 6 este rezervat problemelor de pozare a cablurilor cu ulei sub presiune. După ce se face o expunere succintă a problemelor generale privind pozarea acestor cabluri, se trece la prezentarea următoarelor probleme : metode și soluții de pozare (pozarea în pămînt, în aer și în tuburi de protecție), organizarea lucrărilor de pozare (lucrări pregătitoare și de organizare a șantierului, scule, utilaje și aparate necesare pozării, transportul tamburilor de cablu, succesiunea operațiilor, circuitul de ulei în timpul lucrărilor de pozare, determinarea forței de tragere și solicitarea la tracțiune a cablului).

În capitolul 7 este prezentată tehnologia de execuție a accesoriilor (ai mănunchiurilor) cablurilor de înaltă tensiune cu ulei sub presiune. Prezentarea se referă la execuția accesoriilor unui cablu cu mantaua și conductorul de Al, cu izolație de hîrtie și ulei sub presiune, acesta fiind cablul cel mai frecvent folosit în instalațiile din țara noastră.

În cadrul acestui capitol sînt cuprinse operațiile de îmbinare a conductoarelor (lipirea, presarea la rece, sudarea), manșonarea (pregătirea locului de muncă, asigurarea alimentării cu ulei la capetele îndepărtate ale tronsoanelor de cablu ce se joncționează, pregătirea capetelor de cablu, îmbinarea conductoarelor, refacerea izolației și ecranelor, montarea și lipirea carcasei de cupru la mantaua cablului, vidarea și impregnarea cu ulei a manșonului, verificarea etanșeității și tratarea cu substanțe anticorosive a carcasei de cupru, montarea carcasei de protecție din PVC sau sticlo-textolit și umplerea ei cu masă neagră), realizarea manșonului de stopare, a manșonului de alimentare, a cutiilor terminale, a cutiilor de transpunere și măsuri de protecție a muncii.

Capitolul 8 se referă la circuitul de ulei al cablurilor de înaltă tensiune.

După prezentarea sortimentelor de ulei folosite la cablurile de înaltă tensiune (uleiul mineral și uleiul sintetic), se trec în revistă următoarele tehnologii speciale : măsurarea presiunii uleiului în sistemul hidraulic al cablului, degazeificarea uleiului de cablu (pompa de vid, schimbătorul de căldură, butelia de degazeificare, pompa de ulei, degazeificarea cu una și două trepte de degazeificare), executarea vidului și impregnarea cu ulei a accesoriilor de cablu.

Capitolul 9 se ocupă de încercările cablurilor de înaltă tensiune cu ulei sub presiune după pozarea acestora. În cadrul acestora se prezintă : verificarea uleiului și a circuitului de ulei (verificarea circulației uleiului în sistemul hidraulic al cablurilor, verificarea impregnării cu ulei a sistemului de izolație, reglarea presiunii uleiului, măsurarea gradului de degazeificare a uleiului de cablu); probele electrice (încercarea mantalei exterioare anticorosive cu tensiune redresată, verificarea circulației curenților în mantaua metalică, verificarea rezistențelor neliniare, încercarea izolației cu tensiune redresată mărită).

Capitolul 10, cu care se încheie lucrarea, cuprinde o serie de elemente referitoare la exploatarea și întreținerea cablurilor de înaltă tensiune cu ulei sub presiune, localizarea și repararea defectelor, precum și probele și verificările ce sînt necesare unei exploatări corecte a acestor cabluri.

Principalele subcapitole ale acestui capitol conțin : lucrări de exploatare și de întreținere (preluarea în exploatare a instalațiilor, exploatarea rețelei de cabluri cu ulei sub presiune, încercările și verificările preventive periodice) : defectele probabile ale cablurilor de înaltă tensiune cu ulei sub presiune (modul de manifestare a defectelor, tipurile de defecte și cauzele lor) ; localizarea defectelor cablurilor cu ulei sub presiune ; repararea defectelor acestor cabluri.

Fiind prima lucrare în limba română din literatura noastră tehnică de specialitate care se referă exclusiv la cablurile cu ulei sub presiune, cartea este susceptibilă, după opinia noastră, de unele completări.

Astfel, ar fi interesant și util ca, într-o eventuală nouă ediție, lucrarea să mai conțină : elemente privitoare la comportarea de durată în exploatare a cablurilor cu ulei sub presiune, indicații cu privire la pozarea cablurilor în cauză în terenuri agresive din punct de vedere chimic, probleme de coexistență a acestor cabluri cu alte instalații subterane (conducte telefonice, apă, canal termice, etc.), aprecieri comparative din punctul de vedere al fiabilității diverselor tipuri de cabluri cu ulei sub presiune și eventual mai multe date privitoare la poblemele de bază ale proiectării instalațiilor cu cabluri de înaltă tensiune.

În încheiere subliniem utilitatea acestei cărți pentru toate cadrele de electricieni, fiind convinși că ea va fi bine primită de toți cei interesați în tematica ei.

Ing. **Romulus Sfichi**

Cuprinsul revistei „Energetica" vol. 27 (1979)

I. Editoriale și articole de fond

1. Mihăileanu, C. : *Ziua Energeticianului*, nr. 10, p. 467—468.

II. Energetică generală

1. Nitu, V.I., Costin, E. și Necșulescu, D.S. : *Optimizarea sistemelor și subsistemelor energetice. Metode, tendințe, rezultate*, nr. 1—2, p. 9—13.
2. Pavel, E. : *Gîndirea sistemică în proiectarea sistemelor electroenergetice*, nr. 1—2, p. 13—18.
3. Armencoiu, N. : *Unele aspecte privind influența centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj asupra sistemului energetic din R.S. România*, nr. 1—2, p. 21—27.
4. Mihăileanu, C. : *Suportul energetic al viitorului*, nr. 5, p. 181—188.
5. Armencoiu, N. : *30 de ani de existență a Institutului de studii și proiectări energetice*, nr. 7—8, p. 309—315.
6. Mihăileanu, C. : *Conservarea energiei, cerință imperativă de mare actualitate*, nr. 7—8, p. 320—324.

III. Termoenergetică

1. Miclescu, T. și Bazacliu, G. : *Problema repartiției optime a puterilor ținînd seama de caracterul aleatoriu al caracteristicilor*, nr. 1—2, p. 18—20.
2. Oancea, L. : *Sarcina termică a sistemelor de termoficare a serelor legumicole*, nr. 3, p. 89—93.
3. Mihăescu, L., Iordache, I. și Constantinscu, M. : *Cercetări asupra cîmpului de viteze și a debitului de gaze recirculate intern la un jet turbionat, cu aplicații la arzătoare de acest tip*, nr. 3, p. 94—104.
4. Pop, M.G.M., Ursu, Ec. și Manea D. : *Efectul regimurilor de suflare asupra duratei de viață a colectoarelor zonei de medie radiație de la cazanele P—55*, nr. 3, p. 105—112.
5. Dumitru, C. : *Influența aerului infiltrat în condensatoarele turbinelor cu abur asupra economicității funcționării. Situații în care prezența aerului este mai defavorabilă*, nr. 4, p. 139—142.
6. Mihăilă, C. și Plopeanu, D. : *Considerații privind influența depunerilor în funcționarea schimbătoarelor de căldură de tip „multitubular"*, nr. 4, p. 143—149.
7. Ghia, V. și Cristea, D.-E. : *Procedeu pentru îmbunătățirea caracteristicilor injectoarelor mecanice cu cameră de turbionare*, nr. 4, p. 150—160.
8. Müller, I.A. : *Măcinarea în două trepte — metodă modernă de economisire a combustibilului solid (lignit) și de mărire a capacității instalațiilor de preparare a prafului de cărbune*, nr. 5, p. 188—191.
9. Groza, I., Zamfir, S. și Cocoș, A.A. : *Considerații privind fiabilitatea tubulaturii de alamă folosită în instalațiile energetice*, nr. 5, p. 192—197.
10. Bednar V., Butnar, A. și Bednar, H. : *Metodă spectrofotometrică de determinare a concentrației în aditiv la uleiuri minerale aditivate*, nr. 5, p. 197—198.
11. Dumitru, C. : *Influența calității schimbului de căldură în condensatorul turbinei cu abur asupra puterii și consumului de combustibil*, nr. 6, p. 255—262.
12. Kertesz, N. : *Analiza oportunității funcționării unei centrale electrice de termoficare echipate cu turbine DSL-50 cu presiune variabilă a aburului viu*, nr. 6, p. 262—265.
13. Gooss, W. și Balint, Cr. : *Rolul caracteristicilor de spumare ale uleiurilor aditivate, în exploatarea sigură a turboagregatelor moderne*, nr. 6, p. 265—268.
14. Borșa, I., Constantin, V., Niculescu, N., Voinea, M. și Ghioca, L. : *Evoluția concepției, metodelor și soluțiilor de proiectare a centralelor electrice de termoficare și a rețelelor de termoficare*, nr. 7—8, p. 339—343.
15. Niculescu, N., Voinea, M., David, N., Corcodel, C., Marinescu, R. și Iordache, M. : *Contribuții la economisirea combustibililor și energiei electrice în sistemele de termoficare*, nr. 7—8, p. 348—352.
16. Oancea, L. : *Aspecte specifice privind reglarea livrării căldurii produse în termoficare pentru încălzirea serelor*, nr. 9, p. 441—443.
17. Hubert, I. și Leca, A. : *Considerații tehnico-economice la alegerea schimbătoarelor de căldură din producția curentă*, nr. 10, p. 475—479.
18. Chercea, G. : *Calculul căderii de presiune într-un aparat de schimb de căldură tubular cu plăci deflectoare circulare și inelare*, nr. 10, p. 479—482.
19. Stanisavlievici, L. : *Alcalinizarea fazei lichide la temperaturile apei din cazan*, nr. 10, p. 482—487.

IV. Electroenergetică

1. Albert, H. : *Concepte ierarhizate privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice*, nr. 1—2, p. 27—31.
2. Groza, L. : *Reconsiderarea inerției sistemului electroenergetic pentru predeterminarea oscilațiilor lente și a variațiilor de frecvență*, nr. 1—2, p. 31—34.
3. Poeată, A., Ivas, D. și Sufleţel, N. : *Folosirea indicatorilor de siguranță asociată a nodurilor la determinarea strategiei optime de dezvoltare a rețelei de distribuție de înaltă tensiune a IRE Iași*, nr. 1—2, p. 34—36.
4. Alexandrescu, V., Poeată, N., Ilinca, M., Poeată, A. și Georgescu, Gh. : *Contribuții la optimizarea schemei de funcționare a unei rețele de distribuție de înaltă tensiune*, nr. 1—2, p. 36—41.
5. Buhuș, P. : *Soluții pentru optimizarea nivelului de pierderi în distribuția energiei electrice și eficiența lor economică* nr. 1—2, p. 52—55.
6. Albert, T., Bogdan, M., Hristea, D., Geantă, M. și Livezeanu, V. : *Alegerea structurii și soluțiilor pentru rețelele urbane de alimentare cu energie electrică de medie și joasă tensiune*, nr. 1—2, p. 55—59.
7. Gavrilaș, N. și Gușă, M. : *Adaptarea modului de tratare a neutrului la stadiul de dezvoltare a rețelelor de medie tensiune din România*, nr. 1—2, p. 60—63.
8. Cîrțină, Gh. : *Contribuții la elaborarea modelului matematic al repartizării optimale a surselor reactive în rețelele de distribuție*, nr. 1—2, p. 63—66.
9. Poeată, N., Georgescu, Gh., Poeată, A. și Cîrțină, Gh. : *Algoritm și program pentru optimizarea repartizării surselor reactive în rețelele urbane*, nr. 1—2, p. 67—71.
10. Arie, A. A. : *Considerații asupra fenomenului deformant. Stabilirea unui indicator de calitate dedus pe bază de măsurători efectuate cu bucla de putere*, nr. 1—2, p. 78—79.
11. Sfichi, R. : *Considerații privind posibilitățile de apariție a supratensiunilor de rezonanță armonică în liniile electrice de foarte înaltă tensiune*, nr. 1—2, p. 80—82.
12. Cristea, H. și Fecioru, I. : *Regimul deformant — efect secundar în regimurile de compensare a puterii reactive la un consumator industrial*, nr. 3, p. 112—117.
13. Cristovici, A. și Gritsch, H. : *Protecția instalațiilor de condensatoare-derivație de medie tensiune*, nr. 3, p. 117—120.
14. Mathé, B. și Gavrilă, Gh : *Probleme legate de încercarea celulelor și stațiilor capsulate în mediu de hexafluorură de sulf*, nr. 3, p. 120—126.
15. Armencoiu, N. și Moraite, G. : *Unele probleme privind automatica din sistemul energetic al R.S.R.*, nr. 4, p. 133—139.
16. Covar, E. : *Schemă de comandă pentru contactoare de joasă tensiune cu reanclanșare după goluri de tensiune și cu controlul continuității circuitelor de comandă*. nr. 4, p. 161—167.
17. Dăncilă, M. : *Aspecte privind comportarea la încercări mecanice a izolatoarelor solicitate anterior la acțiunea arcului electric de durată*, nr. 4, p. 168—175.
18. Țânțăreanu, C., Crețu, D. și Hațegan, I. : *Fiabilitatea înfășurării statorice a marilor generatoare în regim normal și de defect*, nr. 5, p. 198—207.
19. Buhuș, P. : *Normalizarea treptei de 1140 V pentru rețelele cu neutrul izolat din schelele petrolifere și exploatările miniere*, nr. 5, p. 208—211.
20. Predan, Fl. : *Dimensionarea economică a unei rețele buclate de distribuție a energiei electrice*, nr. 6, p. 268—271.

21. Dăncilă, M.: *Asupra necesității montării cordoanelor de șuntare a elementelor de îmbinare a lanțurilor de izolatoare din stațiile de 110—400 kV*, nr. 6, p. 272—276.
22. Lup, L.: *Rezerve de putere în exploatarea sistemelor electroenergetice*, nr. 6, p. 277—281.
23. Neniță, E., Vintilescu, M. ș.a.: *Evoluția concepției, metodelor și soluțiilor în proiectarea părții electrice a CTE și CET din R.S. România*, nr. 7—8, p. 343—347.
24. Dimo, P.: *Curentul de scurtcircuit, indicator de stare al marilor sisteme energetice interconectate*, nr. 7—8, p. 368—370.
25. Nitu, V.I., Albert, H. și Stein, M.: *Evoluția concepției și metodelor adoptate pentru siguranța în funcționare a instalațiilor energetice*, nr. 7—8, p. 370—374.
26. Militaru, P., Neag, Z. și Gheorghiță, G.: *Stadiul actual și perspectiva utilizării calculatoarelor la proiectarea liniilor electrice*, nr. 7—8, p. 374—377.
27. Stoleru, B. și Voinea, D.: *Evoluția în ISPE a metodelor și soluțiilor de proiectare pentru stațiile electrice*, nr. 7—8, p. 377—383.
28. Albert, H., Ciobanu, M. și Florea, I.: *Alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali. Evoluția conceptelor și tendințe de viitor*, nr. 7—8, p. 383—387.
29. Ionescu, S., Romert, V. ș.a.: *Software de aplicație pentru conducerea on-line a sistemului energetic național*, nr. 7—8, p. 391—393.
30. Blada, Al., Săndulache, D. și Apetrei, Gh.: *Model și program pentru calculul regimului optim de funcționare a unei cascade de centrale hidroelectrice*, nr. 9, p. 444—451.
31. Păunescu, D.: *Asupra adoptării coeficienților de siguranță (selectivitate) în calculul treptelor de măsură ale protecțiilor de distanță aferente liniilor electrice*, nr. 9, p. 459—460.
32. Irinei, C.: *Principiile calculului luminanțelor în iluminatul rutier*, nr. 9, p. 461—463.
33. Păunescu, D.: *Asupra insularizării centralelor electrice de termoficare pe consum local*, nr. 10, p. 487—490.
34. Hajos, L.: *Reanclanșarea automată a liniilor racordate la stații cu scheme poligonale*, nr. 10, p. 497—500.
35. Buhuș, P.: *O metodă cu caracter general de determinare a secțiunilor economice pentru liniile electrice trifazate*, nr. 11—12, p. 539—547.
36. Tănăsescu, Al. și Ișfanu, T.: *Parametrii cablurilor în regim de scurtcircuit monofazat. Reactanțe inductive*, nr. 11—12, p. 534—538.
37. Cocoș, Em.: *Evitarea producerii rezonanței filtrelor de absorbție cu rețeaua*, nr. 11—12, p. 547—551.
38. Guzun, B.: *Eficiența sistemelor de reglare automată a excitației aferente alternatoarelor de mare putere, evaluată prin variația coeficienților cuplurilor de amortizare și sincronizare*, nr. 11—12, p. 552—557.

V. Hidroenergetică

1. Luca, Gh.: *30 de ani de activitate în domeniul studiilor și proiectărilor hidroenergetice*, nr. 7—8, p. 315—319.
2. Bogdan, S. și Spiridon, D.: *Dezvoltarea hidroenergeticii românești în cadrul utilizării complexe a cursurilor de apă*, nr. 7—8, p. 335—339.
3. Opriș, Gh., Morariu, I. și Diaconu, V.: *Alegerea numărului și tipului de hidroagregate pentru echiparea centralelor hidroelectrice de medie și mare cădere*, nr. 7—8, p. 332—356.
4. Parhoti, E., Bică, I., Popa, I., Firoiu, R. și Rusev, Al.: *Concepții noi la proiectarea centralelor hidroelectrice de joasă cădere*, nr. 7—8, p. 356—360.
5. Wechsler, Al.: *Metode prospective în alegerea turbinelor hidraulice*, nr. 7—8, p. 360—368.

VI. Energetică nucleară

1. Niculescu-Mizil-Ștefănescu, C. și Popa, P.: *Considerații generale privind proiectarea centralelor nuclearoelectrice*, nr. 10, p. 469—475.

VII. Energetică industrială

1. Cristea, H., Fecioru, I. și Armencoiu, A.: *Indicatori privind efectele comportării consumatorilor industriali asupra, regimului de compensare în nodurile rețelei*, nr. 1—2, p. 46—52.
2. Gheorghiu, M. și Laza, Gh.: *Utilizarea combinată și integrată a resurselor energetice primare și secundare în sectorul industriei sticlei și ceramicii fine*, nr. 6, p. 249—254.
3. Sfichi, R.: *Unele aspecte privind îmbunătățirea regimului electric de lucru al unui cuptor cu arc*, nr. 9, p. 452—459.
4. Sfichi, R.: *Aspecte privind problema factorului de putere în rețele electrice ce funcționează în regim deformant, cu referire la zona industrială a Municipiului Suceava*, nr. 10, p. 491—497.
5. Forje, Al., Simionescu, Cl. L. ș.a.: *Epuizarea potențialului energetic implicat într-un proces tehnologic industrial, factor esențial în prevenirea poluării*, nr. 11—12, p. 520—534.

VIII. Surse și tehnologii noi

1. Popescu, C. și Ruiu, A.: *Scheme termice ale centralelor solaroelectrice*, nr. 6, p. 237—241.
2. Leca, A., Stan, M. și Stan, N.: *Posibilități de utilizare a schimbătoarelor de căldură compacte cu plăci, pentru prepararea apei calde menajere*, nr. 6, p. 242—249.
3. Pavel, D.: *Unele probleme energetice de perspectivă*, nr. 7—8, p. 325—329.
4. Armencoiu, N., Rențea, D. și Cojocaru, D.: *Forme noi de energie considerate ca utilizabile în R.S. România, în etapa următoare*, nr. 7—8, p. 330—334.
5. Oancea, C., Zamfir, E. și Bădescu, V.: *Mărimi, simboluri, unități de bază în heliotehnică*, nr. 11—12, p. 507—512.
6. Dragomir, I.: *Schimbător de căldură elicoidal*, nr. 11—12, p. 512—519.

IX. Din exploatare

1. Șchiopu, Gh.: *Considerații tehnico-economice asupra branșamentului aerian la micii consumatori casnici din mediul rural și urban*, nr. 3, p. 126—131.
2. Lokodi, Z. și Kerekes, I.: *Considerații privind erorile de conexiuni ale circuitelor secundare de curent*, nr. 5, p. 219—226.

X. Construcții-montaj

1. Georgescu, B. și Rașcu, P.: *Optimizarea construcției în clădire a stațiilor electrice de conexiuni de 110 kV în R.S.R.*, nr. 5, p. 211—218.
2. Hristoforov, Al., Nedelcu, O., Schițco, V., Mustață, V. și Stoica, F.: *Evoluția soluțiilor de proiectare a clădirii principale la centrale termoelectrice*, nr. 7—8, p. 393—395.
3. Angelescu, R. și Nedelcu, O.: *Probleme ce apar la unele construcții industriale energetice fundate în terenuri macroporice*, nr. 7—8, p. 395—398.
4. Duminicatu, M., Bănică, C., Ciobanu, O. și Mambet, S.: *Soluții actuale de instalații aferente construcțiilor, în cadrul acțiunii de economisire a combustibilului, energiei electrice și materialelor și de reducere a investițiilor din obiectivele energetice*, nr. 7—8, p. 399—404.
5. Floreștanu, Al.: *Treizeci de ani de activitate a Trustului Energoconstrucția*, nr. 9, p. 407—410.
6. Milițescu, Gh.: *Treizeci de ani de activitate de montaj centrale electrice în România*, nr. 9, p. 410—415.
7. Roșca, C.: *Realizări tehnice originale în domeniul mecanizării lucrărilor de construcții, aplicate de Trustul Energoconstrucția*, nr. 9, p. 416—417.
8. Carp, M.: *Aspecte din realizările Trustului Energoconstrucția în alte țări*, nr. 9, p. 423—424.
9. Măcriș, A., Tănase, H.M. și Raica, C.: *Metodologia centrării după semicuple a rotoarelor turboagregatelor termoenergetice*, nr. 9, p. 424—431.
10. Romedea, D.: *Tehnologia de suspendare a planșeului cotei + 30,0 m la cazanul de 1035 t/h CTE Brăila, pentru modificarea grinzii frontale la cota +28,50 m*, nr. 9, p. 432—433.
11. Mureșan, D.: *Viteze de lucru admisibile ale podurilor rulante din sala mașinilor*, nr. 9, p. 434—435.
12. Scorțea, D.: *Tehnologii noi privind montarea blindajelor galeriilor forțate la centrale hidroelectrice de mare cădere*, nr. 9, p. 436—439.

XI. **Articole economice şi tehnico-organizatorice**

1. Chirculescu, N., Cochet, L., Georgescu, E. şi Petrina, L.: *Proiectarea în concepţie unitară a sistemului informatic de conducere pentru întreprinderile de centrale electrice*, nr. 7—8, p. 387—391.
2. Nicolau, Al.: *Preocupările Trustului Energoconstrucţia pe linia creşterii productivităţii muncii*, nr. 9, p. 417—419.
3. Kleps, I.: *Realizări şi perspective în utilizarea tehnicii moderne de calcul în cadrul Trustului Energoconstrucţia*, nr. 9, p. 420—423.

XII. **Cronică**

1. *** *Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice „Optimizări în dezvoltarea şi exploatarea instalaţiilor electroenergetice"*, Iaşi, 27—28 oct. 1978, nr. 1—2, p. 1—3.
2. *** *Consfătuirea de lucru cu tema: „Informarea documentară ştiinţifică şi tehnică în ramura industriei energiei electrice şi termice"*, nr. 4, p. 175—176.
3. *** *Lucrările celei de-a 27-a Sesiuni a CIGRE*, nr. 5, p. 226—234.
4. *** *Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice „Contribuţii ISPE—ISPH la revoluţia tehnico-ştiinţifică în energetica R.S. România"*, nr. 7—8, p. 297—305.
5. Dănilă, N.: *A VII-a Consfătuire a termoenergeticienilor din R.S.R.*, nr. 11—12, p. 557—558

XIII. **Diverse**

Stambuliu, D. şi Gheorghe, C.: *Despre recepţia echipamentelor energetice şi despre obligaţiile şi răspunderea care derivă din aceasta*, nr. 6, p. 281—288.

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România. Redacţia: Bucureşti, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 3. Telefon: 20 67 30. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Preţul unui exemplar: 5 lei. Taxele poştale achitate conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/7914/1979

I. P. I. c. 1806

41 401

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.47.001.5

К. Оанча, Е. Замфир и *В. Бэдеску:* **Величины, символы, основные единицы в гелиотехнике**

Излогаются предложения символов и их применение для величин, используемых в области солнечной энергии. Представлены некоторые полезные определения, в основном для идентификации величин, используемых в этой области.

Energetica 27 (1979), № 11–12, стр. 507–512

ДК 621.3.046.2

И. Драгомир: **Винтовой теплообменник**

Описывается модель теплообменника, в котором вторичный теплоноситель осуществляет винтовое движение, производимое крученой лентой в виде спирали, введеной в кожух теплообменника, а первичный теплоноситель моделируется электрически. Обсуждаются экспериментальные данные, которые выявляют большой рост теплопередачи. При равных насосных силах, в режиме ламинарного течения, отношение α *возбужденное* к α_0 получено экспериментально и больше 2.

Energetica 27 (1979), № 11–12, стр. 512–519

ДК 628.52.001.2

А. Форже и др.:**Истощение энергетического потенциала, включенного в пвомышлеиный технологический процесс, исходный фактор в предупреждении загрязнения**

Представлены результаты трех опытов, в заключение которых вытекает, что загрязнение, в первую очередь, представляет только лишь напрасный расход энергии. Считается, что этот расход происходит из-за недостаточного знания реального развития физических явлений в рамках промышленных технологических процессов. Предлагается новое определение понятий массы и энергии. Таким образом, масса считается материальным переменным значением связи во взаимодействии с энергетическими полями, а энергия как материальное значение переходных эффектов массы в этой взаимосвязи. В качестве уравнения поля и области для одного физического явления, предлагаются соотношения: $M=f(E)$ и $f(E,M)=0$.

Energetica 27 (1979), № 11–12, стр. 520–534

ДК 621.315.1.001.5

П. Бухуш: **Всеобщий метод определения экономических сечений в трехфазных электрических линиях**

Energetica 27 (1979), № 11–12, стр. 534–538

ДК 621.315.28 : 621.3.011.3

А. Тэнэсеску и *Т. Ишфану.:* **Параметры кабелей в режиме однофазного короткого замыкания. Индуктивные сопротивления**

Описывается методология определения и расчета реактивных сопротивлений, как составляющих элементов полных сопротивлений для путей возвращения однофазных токов короткого замыкания, а также представлены контуры и метод расчета причитающихся полных сопротивлений.

Energetica 27 (1979), № 11–12, стр. 539–547

ДК 621.3.014.8

Е. Кокош: **Предотвращение явления резонанса поглатительных фильтров в сети**

Energetica 27 (1979), № 11–12, стр. 547–551

ДК 621.313.322–82

Б. Гузун: **Эффективность автоматических систем регулирования причитающего возбуждения мощных генераторов переменного тока, оцененного путем вариации коэфициентов демпфирующих и синхронных пар**

Представлен теоретический анализ эффективности введения обратной связи по активной силе на клеммах в системе автоматического регулирования возбуждений.

Energetica 27 (1979), № 11–12, стр. 552–557

INHALTVERZEICHNIS

DK 621.47.001.5

C. Oancea, E. Zamfir und *V. Bădescu*: **Grössen, Symbole und Grundeinheiten der Sonnenkrafttechnik**

Es werden Symbole für die auf dem Gebiet der Sonnenenergie verwendeten Grössen sowie ihre Anwendung vorgeschlage. Ferner werden einige Definitionen unterbreitet, die hauptsächlich bei der Identifizierung der auf diesem Gebiet verwendeten Grössen von Nutzen sind.

Energetica 27(1979), H. 11–12, S. 507–512

DK 621.3.046.2

I. Dragomir: **Schraubenförmiger Wärmeaustauscher**

Es wird eine besondere Bauart des Wärmeaustauschers beschrieben, bei welcher der sekundäre Wärmeträger eine mit Hilfe eines in den Austauschermantel eingebauten Drallbandes erzeugte Drallbewegung erfährt, wobei der primäre Wärmeträger elektrisch angeregt wird. Es werden ferner die Versuchsdaten erörtert, wobei eine wesentliche Zunahme der Wärmeübertragung festgestellt wird. Bei gleichgrossen Pumpenleistungen ist das unter laminaren Strömungsbedingungen experimentell gewonnene Verhältnis α *gestört*/α_0 grösser als 2.

Energetica 27 (1979), H. 11–12, S. 512–519

DK 628.52.001.2

A. Forje u.a.: **Aufbrauch des energiewirtschaftlichen Potentials in einem technologischen Industrievorgang, wesentlicher Faktor in der Vorbeugung der Umweltverschmutzung**

Es werden die Ergebnisse von 3 Versuchen vorgestellt, aus deren Schlussfolgerungen hervorgeht dass die Umweltverschmutzung im wesentlichen nur Energieverschwendung ist. Es wird betrachtet dass diese Verschwendung der ungenügenden Kenntnis der tatsächlichen physischen Phänomene im Rahmen der industriellen technologischen Vorgänge, verdankt wird. Es wird eine erneute Definierung der Begriffe Masse und Energie vorgeschlagen. Derart wird die Masse als variable materielle Kopplungsgrösse in Wechselwirkung mit den Energiefeldern und die Energie als materielle Grösse der Umwandlungseffekte der Masse in dieser Wechselwirkung, betrachtet. Als Gleichung für das Feld und den Bereich für das physische Phänomen werden folgende Verhältnisse vorgeschlagen: $M = f(E)$ und $f(E, M) = 0$.

Energetica 27 (1979), H. 11–12, S. 520–534

DK 621.315.1.001.5

P. Buhuş: **Ein allgemeines Verfahren zur Bestimmung des ökonomischen Querschnitts der Drehstromleitungen**

Energetica 27 (1979), H. 11–12, S. 534–538

DK 621.315.28 : 621.3.011.3

Al. Tănăsescu und *T. Işfanu*: **Kabelparameter bei einphasigem Kurzschluss. Induktive Blindwiderstände**

Es wird ein Verfahren zur Berechnung der Blindwiderstände als Bestandelemente der Rückflussimpedanzen des einphasigen Kurzschlussstromes beschrieben. Ferner werden Stromkreise und die Berechnungsweise der zugehörigen Impedanzen vorgelegt.

Energetica 27 (1979), H. 11–12, S. 539–547

DK 621.3. 014.8

Em. Cocoş: **Vorbeugung der Resonanz mit dem Netz beim Einsatz von Saugkreisen**

Energetica 27 (1979), H. 11–12, S. 547–551

DK 621.313.322–82

B. Guzun: **Bestimmung der Wirksamkeit von Systemen zur automatischen Erregungsregelung Grossleistungs-Wechselstromgeneratoren durch Bewertung der Schwankung der Kupplungskoeffizienten der Dämpfung und Synchronisierung**

Es wird eine theoretische Analyse der Einführung einer Rückkopplung hinter der Klemmenwirkleistung in die Systeme zur automatischen Erregungsregelung vorgeführt.

Energetica 27 (1979), H. 11–12, S. 552–557

SOMMAIRE

CD 621.47.001.5

C. Oancea, E. Zamfir et *V. Bădescu* : **Grandeurs, symbôles et unités fondamentales en héliotechnique**

Sont présentées des propositions de symbôles de grandeurs utilisées dans le domaine de l'énergie solaire et de ses applications. Sont aussi énoncées quelques définitions utiles, tout particulièrement pour l'identification des grandeurs utilisées dans ce domaine.

Energetica 27 (1979), no. 11–12, p. 507–512

CD 621.3.046.2

I. Dragomir : **Echangeur de chaleur hélicoïdal**

On décrit un modèle d'échangeur de chaleur où l'agent thermique secondaire a un mouvement hélicoïdal produit par un ruban en spirale, introduit dans la chemise de l'échangeur, et l'agent thermique primaire est simulé électriquement. On analyse les données expérimentales, qui relèvent un accroissement important du transfert de chaleur. A puissances de pompage égales, en régime d'écoulement laminaire, le rapport $\alpha_{perturbé}/\alpha_0$ obtenu par voie expérimentale dépasse la valeur 2.

Energetica 27 (1979), no. 11–12, p. 512–519

CD 628.52.001.2

A. Forje et a. : **L'épuisement du potentiel énergétique impliqué dans un processus technologique industriel, facteur essentiel à prévenir la pollution**

L'article présente les résultats de trois expériments dont la conclusion est que la pollution peut être considérée principalement comme gaspillage d'énergie. On considère que ce gaspillage est dû aux connaissances insuffisantes au sujet du développement réel des phénomènes physiques au cours des processus technologiques industriels. On tâche à donner une nouvelle définition aux concepts de la masse et de l'énergie. De telle sorte, la masse est considérée comme une grandeur matérielle variable de couplage en interaction avec les champs d'énergie ; quant à l'énergie, elle peut être définie comme une grandeur matérielle des effets de la transformation de la masse dans cette interaction. Pour les équations de champ et domaine d'un phénomène physique, on propose les rélations suivantes : $M = f(E)$ et $f(E, M) = 0$.

Energetica 27 (1979), no. 11–12, p. 520–534

CD 621.315.1.001.5

P. Buhuș : **Méthode générale pour déterminer les sections économiques des lignes triphasées**

Energetica 27 (1979), no. 11–12, p. 534–538

CD 621.315.28 : 621.3.011.3

Al. Tănăsescu et *T. Ișfanu* : **Paramètres des câbles en régime de court-circuit monophasé. Réactances inductives**

On décrit la méthodologie nécessaire à établir et à calculer les réactances en tant qu'éléments composants des voies de retour du courant de court-circuit monophasé. De même, on présente les circuits et la modalité de calculer les impédances afférentes.

Energetica 27 (1979), no. 11–12, p. 539–547

CD 621.313.322–82

Em. Cocoș : **Comment on peut éviter la résonance des filtres d'absorption avec le réseau électrique**

Energetica 27 (1979), no. 11–12, p. 547–551

CD 621.3.014.8

B. Guzun : **Efficacité des systèmes pou le réglage automatique de l'excitation afférente aux alternateurs de grande puissance, évalueé par la variation des coefficients des couples d'amortissement et de synchronisation**

On présente une analyse théorique sur l'efficience d'introduire une réaction inverse selon la puissance active aux bornes dans les systèmes de réglage automatique de l'excitation.

Energetica 27 (1979), no. 11–12, p. 552–557

CONTENTS

DC 621.47.001.5

C. Oancea, E. Zamfir and *V. Bădescu* : **Basic values, symbols, units in heliotechnics**

Symbols proposals for values used in the field of solar energy and its applications are presented. Some useful definitions, mainly for the identification of the values applied in this field are given as well.

Energetica 27 (1979), nr. 11–12, p. 507–512

DC 621.3.046.2

I. Dragomir : **Spiral heat exchanger**

A heat exchanger model is described using a secondary thermal agent with a spiral movement inflicted by a spiral strip introduced into the exchanger mantle, while the primary thermal agent is simulated electrically. The experimental data are discussed with a view to revealing an important increase of the heat transfer. For equal pumping efficiencies, for a laminar flow, the ratio $\alpha_{disturbed}/\alpha_0$ obtained experimentally surpasses 2.

Energetica 27 (1979). nr. 11–12, p. 512–519

DC 628.52.001.2

A. Forje a.o. : **The exhaustion of the energetic potential involved in an industrial technological process, a most important factor in the pollution prevention**

This article presents the results of three experiments whose conclusion points to the fact that pollution is primarily but a waste of energy. This waste is due to the insufficient knowledge of the actual development of the physical phenomena within the framework of the industrial technological processes. The authors try to give a new definition of the concepts of mass and energy. Thus, mass is considered to be a material variable dimension of coupling which gets in interaction with the energy fields ; as to energy, it is considered to be a material dimension of the very effects following the mass conversion in this interaction. The authors suggest the following relations as field equations of a physical phenomenon : $M = f(E)$ and $f(E, M) = 0$.

Energetica 27 (1979), nr. 11–12, p. 520–534

DC 621.315.1.001.5

P. Buhuș : **General character determination method of the economic sections for triphasic electrical lines**

Energetica 27(1979), nr. 11–12, p. 534–538

DC 621.315.28 : 621.3.011.3

Al. Tănăsescu and *T. Ișfanu* : **Cables parameters in monophasic short-circuit state. Inductive reactances**

The methodology for establishing and calculating the reactances as component elements of the monophasic short-circuit current return ways is described. The circuits and the calculation manner of the respective impedances are also presented.

Energetica 27 (1979), nr. 11–12, p. 539–547

DC 621.3.014.8

Em Cocoș : **Avoiding of resonance produced between absorbtion filters and the network**

Energetica 27 (1979), nr. 11–12, p. 547–551

DC 621.313.322–82

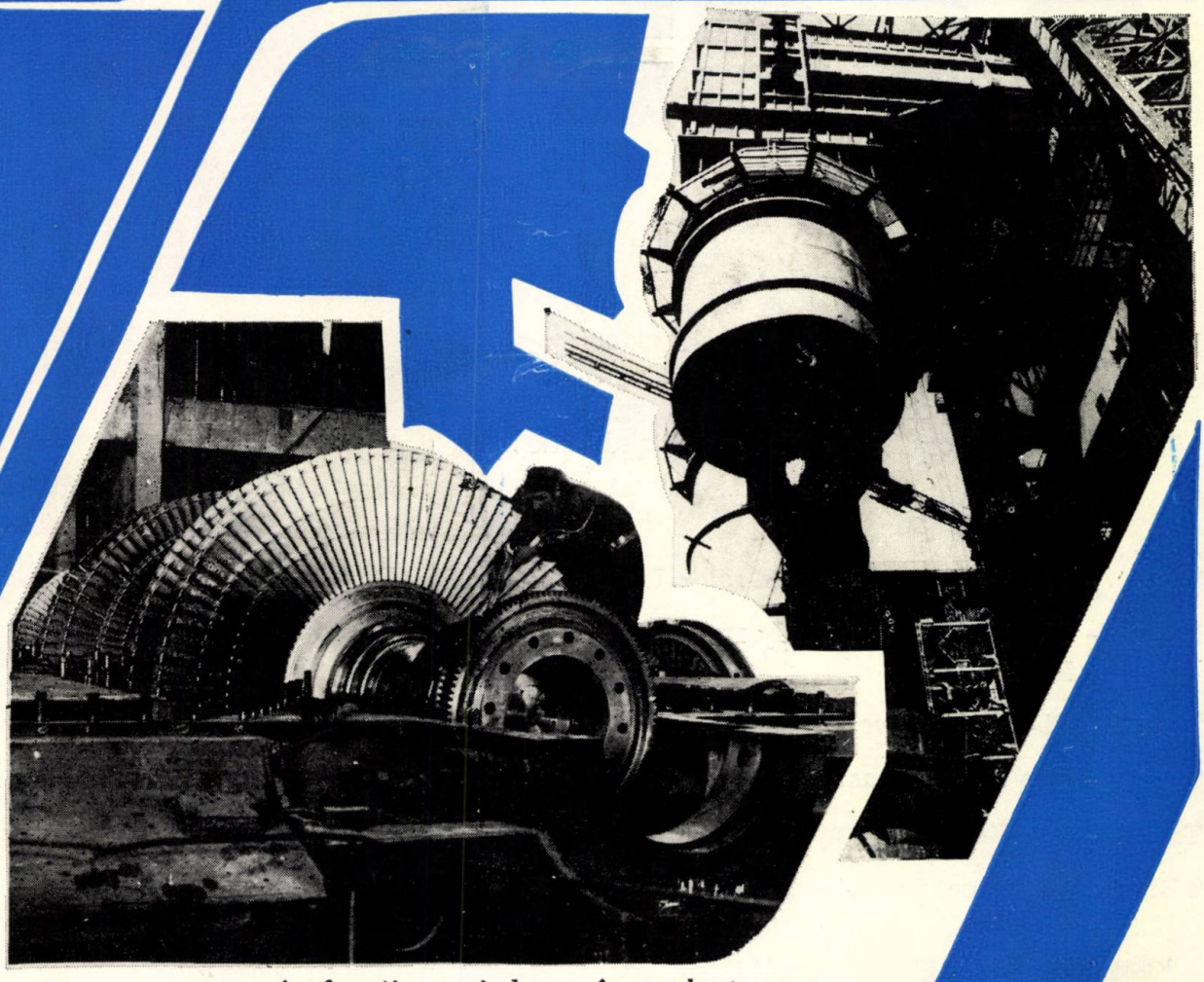
B. Guzun : **The efficiency of the automatic excitation control systems of high power alternators, evaluated through the variation of damping and synchronizing torques**

A theoretical analysis of the introduction of reverse reactions after the active power terminals, in automatic excitation control systems is presented.

Energetica 27 (1979), nr. 11–12, p. 552–557

BIBLIOTECA CENTRALĂ A UNIVERSITĂȚII POLITEHNICA BUCUREȘTI

TRUSTUL ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

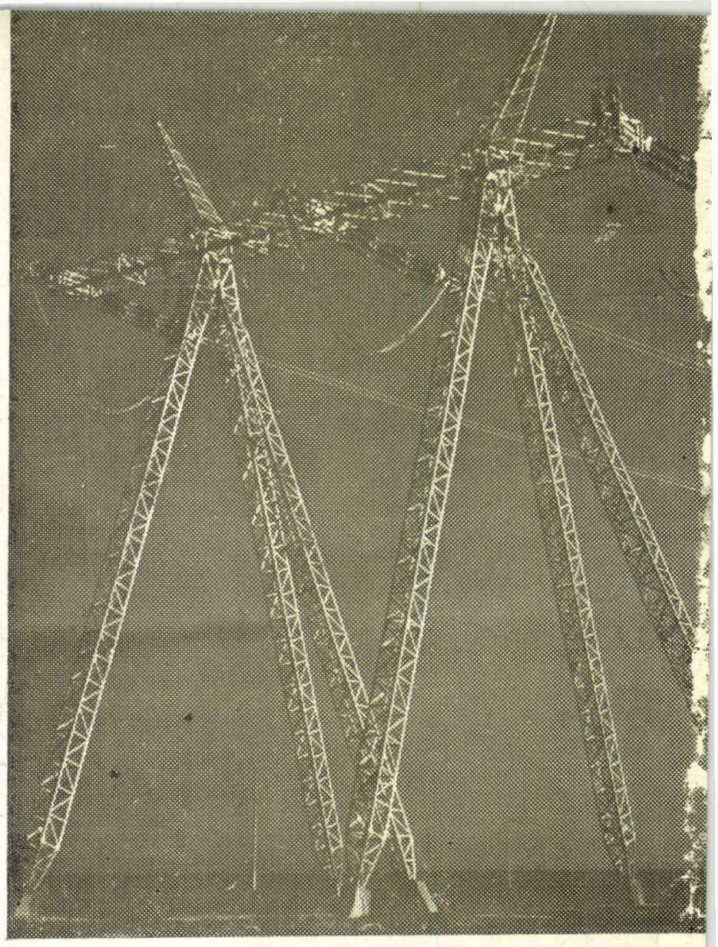
Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Bucureşti, Calea Dorobanţi nr. 105, telefon 79 70. 20, telex 335

ROMELECTRO



ROMELECTRO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning ; the services are performed by the specialized units :

ISPE - The Power Study and Design Institute :

ISPH - The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH - The Hydropower Construction Trust ;

TEC - The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM - The Energomontaj Trust ;

TEM - The Electromontaj Trust

CIPEET - The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;

CIRE - The Industrial Central for Electric Networks ;

ICEMENERG - The Power Research and Modernization Institute ;

ICMP - The Enterprise for Metal Construction and Prefabs

1980 JUN 26

ROMELECTRO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad f thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions etc. , export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field a well as other specific engineering jobs.

Address :

1, Lacul Tei Blvd
BUCHAREST - ROMANIA
P. O. Box 1-736
Phone : 12. 13. 26-12. 05. 51
Telex 10 449 roel r.